

(2) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 5 月 21 日 (21.05.2004)

PCT

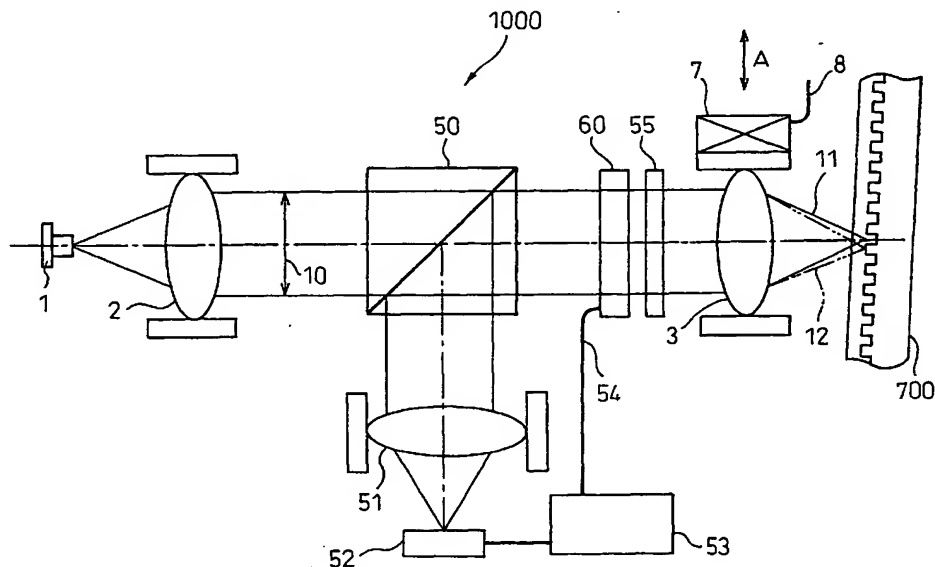
(10) 国際公開番号  
WO 2004/042715 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G11B 7/135, 7/125 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014208 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 橋本 信幸  
(22) 国際出願日: 2003 年 11 月 7 日 (07.11.2003) (HASHIMOTO, Nobuyuki) [JP/JP]; 〒188-8511 東京都  
(25) 国際出願の言語: 日本語 西東京市田無町 六丁目 1 番 1 2 号 シチズン時計株  
(26) 国際公開の言語: 日本語 式会社内 Tokyo (JP).  
(30) 優先権データ: (74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒105-8423  
特願2002-325789 2002 年 11 月 8 日 (08.11.2002) JP 東京都 港区虎ノ門 三丁目 5 番 1 号 虎ノ門 3 7 森ビ  
特願2003-114472 2003 年 4 月 18 日 (18.04.2003) JP ル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).  
特願2003-114445 2003 年 4 月 18 日 (18.04.2003) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シチズン  
時計株式会社 (CITIZEN WATCH CO., LTD.) [JP/JP]; 〒188-8511 東京都 西東京市田無町 六丁目 1 番 1 2 号  
Tokyo (JP). 添付公開書類:  
— 国際調査報告書

/続葉有/

(54) Title: LIQUID CRYSTAL OPTICAL ELEMENT AND OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 液晶光学素子及び光学装置



(57) Abstract: A liquid crystal optical element capable of being provided separately from an object lens and used to correct wave front aberration (mainly coma aberration and spherical aberration), and an optical device using such a liquid crystal optical element. The liquid crystal optical element comprises a first transparent substrate, a second transparent substrate, liquid crystal sealed between the first and second transparent substrates, and an electrode pattern that is used as an area for advancing or delaying the phase of an optical beam and to correct wave front aberration, characterized in that the area is formed to be small relative to the visual field of an object lens so as to practically stay within the range of the visual field of the object lens despite tracking by a tracking means.

(57) 要約: 本発明は、対物レンズと別体に設けることができる波面収差（主としてコマ収差及び球面収差）補正用の液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的と

/続葉有/

WO 2004/042715 A1



- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

する。本発明に係わる液晶光学素子は、第1の透明基板と、第2の透明基板と、第1及び第2の透明基板の間に封入された液晶と、光ビームの位相を進ませる又は遅らせるための領域であって波面収差を補正するための電極パターンとを有し、領域がトラッキング手段によるトラッキングに拘らず実質的に前記対物レンズの視野の範囲内の留まるように対物レンズの視野に対して小さく形成されていることを特徴とする。

## 明 細 書

## 液晶光学素子及び光学装置

## 背景技術

本発明は、位相変調用の液晶光学素子及びこれを用いた光学装置に関するものであり、特にレーザ光等の干渉性の高い光ビーム（高干渉性光）の波面収差を補正するための液晶光学素子及びこれを用いた光学装置に関するものである。

## 従来技術

コンパクトディスク（ＣＤ）やデジタルビデオディスク（ＤＶＤ）等の記録媒体への読取り又は書込みを行う光ピックアップ装置では、図２３Ａに示すように、光源１からの光ビームをコリメータレンズ２によってほぼ平行光に変換し、対物レンズ３によって記録媒体４へ集光させ、記録媒体４からの反射光ビームを受光して情報信号を発生させている。このような光ピックアップ装置では、記録媒体の読取り又は書込みを行う際には、対物レンズ３によって集光された光ビームを正確に記録媒体４のトラック上に追従させる必要がある。しかしながら、記録媒体４のそり又は曲がり、記録媒体４の駆動機構の欠陥等によって、記録媒体４に傾きが生じる場合がある。このように、対物レンズ３によって集光された光ビームの光軸が記録媒体４のトラックに対して傾くことによって、記録媒体４の基板内には、コマ収差が生じるため、対物レンズ３の入射瞳位置（液晶光学素子５の挿入位置）で換算すると、図２３Ｂに示すようなコマ収差２０を生じ、記録媒体４からの反射光ビームに基づいて発生される情報信号を劣化させる原因となる。

そこで、図 2 4 に示すように、コリメータレンズ 2 と対物レンズ 3 との間に液晶光学素子 5 を配置し、記録媒体 4 の傾きから生じるコマ収差を補正させる試みがある（例えば、特許文献 1 参照）。このような液晶光学素子 5 では、液晶に生じる電位差に応じて液晶の配向性が変化することを利用し、液晶を通過する光ビームの位相を変化させ、それによってコマ収差を相殺しようとするものである。

このようなコマ収差補正用の液晶光学素子 5 に印加される電圧に応じて、液晶に位相分布を生じさせるための透明電極パターン 3 0 を図 2 5 A に示す。図 2 5 A では、液晶光学素子 5 に入射される光ビームの有効径 1 0 とほぼ同じ大きさの領域内に、位相を進ませるための 2 つの領域 3 2 及び 3 3、位相を遅らせるための 2 つの領域 3 4 及び 3 5 を有している。また、図中 3 1 は、基準電位を印加するための領域である。

領域 3 2 及び 3 3 に対して正（+）の電圧を印加すると、対向する透明電極（図示していない）との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、一般的な P 型液晶の場合、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。領域 3 4 及び 3 5 に対して負（-）の電圧を印加すると、対向する透明電極（図示していない）との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、一般的な P 型液晶の場合、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域 3 1 には、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）が印加される。透明電極パターン 3 0 へは、配線 6（図 2 4 参照）を通じて電圧が印加されている。

図 2 5 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧 2 1 を示す。このような電圧が透明電極パターン 3 0 に印加されることによっ



て、コマ収差 20 が補正される。図 25 C に、補正後のコマ収差 22 を示す。図 25 C に示されるように、液晶光学素子 5 を用いることで、記録媒体 4 の基板内に生じるコマ収差が抑制されるように補正される。

しかしながら、前述した記録媒体 4 が傾く問題の他に、記録媒体 4 のトラックと対物レンズ 3 の光軸とがずれる（光軸ずれ）問題も発生する。そこで、図 26 に示すように、対物レンズ 3 の光軸を記録媒体 4 のトラックに追従させるために、トラッキング用のアクチュエータ 7 が対物レンズ 3 に取付けられる。また、アクチュエータ 7 は、電力を供給するための配線 8 を有している。アクチュエータ 7 が、図中の矢印 A の方向に対物レンズ 3 を移動させることによって、対物レンズ 3 によって集光される光ビームが正確に記録媒体 4 のトラックに追従するように補正される（図 26 において、光ビーム 11 が、光ビーム 12 へ補正される）。

しかしながら、アクチュエータ 7 が、対物レンズ 3 を移動させてしまうと、液晶光学素子 5 と対物レンズ 3 との位置関係が変化してしまう。また、液晶光学素子 5 に形成されている位相変調用の透明電極パターン 30（図 25 A）は、光ピックアップ装置の有効径 10 と一致するように設計されている。即ち、液晶光学素子 5 は、対物レンズ 3 及び液晶光学素子 5 が、光軸に対して正確に一致した状態でのみ、記録媒体 4 の基板内に生じるコマ収差を理想的に補正できるように設計されている。したがって、液晶光学素子 5 と対物レンズ 3 との位置関係が変化した状態で、記録媒体 4 に傾きが生じると、液晶光学素子 5 では、十分にコマ収差を補正することができない。

そこで、図 26 に示すように、対物レンズ 3 と位相変調用の液晶光学素子 5 とを一体的に取付け、同一のアクチュエータ 7 によって

、一体的に移動させる試みがある（例えば、特許文献 2 参照）。

しかしながら、対物レンズ 3 と位相変調用の液晶光学素子 5 とを一体的に取付け、同一のアクチュエータ 7 によって、一体的に移動させようとするると以下のような不具合が生じる。

第 1 に、位相変調用の液晶光学素子 5 を一体的に取付けることによって、アクチュエータ 7 にかかる重量が増してしまう。また、アクチュエータ 7 は、数  $\text{ms}$  という極めて早い速度で、対物レンズ 3 を移動する必要があるが、液晶光学素子 5 の重量分が加算されることによって、対物レンズ 3 を記録媒体 4 のトラックに追従させる機能が低下してしまう。第 2 に、液晶光学素子 5 には、液晶光学素子 5 を駆動させるための配線 6 が必要であるが、この配線 6 によってバネ乗数が増え、一体化された対物レンズ 3 と液晶光学素子 5 を動作するための制御が複雑になってしまう。特に、配線 6 が引っかかり、対物レンズ 3 のトラッキングを妨害する場合も考えられる。

また、DVD、次世代高密度 DVD 等の記録媒体の読取り又は書込みを行う光ピックアップ装置では、図 27A に示すように、光源 1 からの光ビームをコリメータレンズ 2 によってほぼ平行光に変換し、対物レンズ 3 によって記録媒体 4 へ集光させ、記録媒体 4 からの反射光ビームを受光して光強度信号を発生させている。このような光ピックアップ装置で記録媒体 4 の読取り又は書込みを行う際には、対物レンズ 3 によって光ビームを正確に記録媒体 4 のトラック上に集光させる必要がある。

しかしながら、記録媒体 4 中のトラック面上の光透過保護層の厚みムラ（図 27A の B）等によって、対物レンズ 3 からトラック面までの距離が一定にならない、又は常に同じように光スポットを集光することができない場合がある。また、記録媒体 4 の記録容量を上げるために、複数のトラック面を記録媒体 4 中に設けた場合には

、対物レンズ 3 と各トラック面との位置関係を調整する必要もある。

このように、対物レンズ 3 とトラック面との間の距離にムラが生じると、記録媒体 4 の基板内には、球面収差が生じ、記録媒体 4 からの反射光ビームに基づいて発生される光強度信号を劣化させる原因となる。対物レンズ 3 の入射瞳位置で換算した球面収差 2 3 の一例を図 2 7 B に示す。また、複数のトラック面を記録媒体中に設けた場合には、対物レンズ 3 の焦点位置にある第 1 トラック面以外の第 2 トラック面の読取り又は書込みの際に球面収差が生じ、同様に、記録媒体 4 からの反射光ビームに基づいて発生される光強度信号を劣化させる原因となる。

そこで、図 2 8 に示すように、コリメータレンズ 2 と対物レンズ 3 との間に液晶光学素子 5 を配置し、記録媒体 4 の基板中に生じる球面収差を補正させる試みがある（例えば、特許文献 3 参照。）。このような液晶光学素子 7 は、液晶に生じる電位差に応じて液晶の配向性が変化することを利用し、液晶を通過する光ビームの位相を変化させ、それによって球面収差を相殺するように働く。

このような球面収差補正用の液晶光学素子 5 に印加される電圧に応じて、液晶に位相分布を生じさせるための透明電極パターン 4 0 の一例を図 2 9 A に示す。図 2 9 A では、有効径 1 0 の範囲内に 9 つの同心円状の電極パターン 4 1 ～ 4 9 が設けられている。各領域には、図 2 9 B に示すような電圧 2 4 が印加されている。図 2 9 A に示すような電極パターン 4 0 に図 2 9 B に示すような電圧 2 4 が印加されると、対向する透明電極との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を電位差に応じて進ませるような作用を受ける。これにより、記録媒体 4 の基板中に生じる球面収差 2

3 が、図 29 C に示す球面収差 25 のように補正される。なお、透明電極パターン 40 へは、配線 6（図 28 参照）を通じて電圧が印加される。

しかしながら、前述した記録媒体 4 の基板中に球面収差が発生する問題の他に、記録媒体 4 のトラックと対物レンズ 3 の光軸とがずれる（軸ずれ）問題も発生する。そこで、図 30 に示すように、対物レンズ 3 の光軸を記録媒体 4 のトラックに追従させるために、トラッキング用のアクチュエータ 7 が対物レンズ 3 に取付けられている。また、アクチュエータ 7 は、電力を供給するための配線 8 を有している。アクチュエータ 7 が、図中の矢印 A の方向に対物レンズ 3 を移動させることによって、対物レンズ 3 によって集光される光ビームが正確に記録媒体 4 のトラックに追従する。

しかしながら、アクチュエータ 7 が、対物レンズ 3 を移動させてしまうと、液晶光学素子 5 と対物レンズ 3 との位置関係が変化してしまう。また、液晶光学素子 5 に形成されている透明電極パターン 40（図 29 A 参照）は、光ピックアップ装置の有効径 10 と一致するように設計されている。即ち、液晶光学素子 5 は、対物レンズ 3 及び液晶光学素子 5 が、光軸に対して正確に一致した状態でのみ、記録媒体 4 の基板内に生じる球面収差を理想的に補正できるように設計されている。したがって、液晶光学素子 5 と対物レンズ 3 との位置関係が変化した状態では、液晶光学素子 5 は十分に球面収差を補正することができない。

そこで、図 30 に示すように、対物レンズ 3 と位相変調用の液晶光学素子 5 とを一体的に取付け、同一のアクチュエータ 7 によって、一体的に移動させると、図 26 で示したと同様な不具合が発生し、第 1 に、位相変調用の液晶光学素子 5 を一体的に取付けることによって、アクチュエータ 7 にかかる重量が増してしまう。また、ア

クチュエータ 7 は、数 m s という極めて早い速度で、対物レンズ 3 を移動する必要があるが、液晶光学素子 5 の重量分が加算されることによって、対物レンズ 3 を記録媒体 4 のトラックに追従させる機能が低下してしまう。第 2 に、液晶光学素子 5 には、液晶光学素子 5 を駆動させるための配線 6 が必要であるが、この配線 6 によってバネ乗数が増加し、一体化された対物レンズ 3 と液晶光学素子 5 を動作するための制御が複雑になってしまう。特に、配線 6 が引っかかり、対物レンズ 3 のトラッキングを妨害する場合も考えられる。

さらに、図 3 1 に示すような、DVD 等の厚さ 0.6 mm の透明性基板を有する高密度光ディスク 7 0 7 と、コンパクトディスク (CD) 等の厚さ 1.2 mm の透明性基板を有する光ディスク 7 0 8 を、1 個の対物レンズ 1 1 3 を有する光ディスク装置によって再生する光学装置が知られている (例えば、特許文献 4 参照。 )。

図 3 1 において、光源 1 は、高密度光ディスク用の光源であって、650 nm の波長の光ビームを射出する。光源 1 から射出された光ビームはコリメータレンズ 2 によってほぼ平行光に変換され、アパーチャ 5 7 によって約直径 5 mm の有効径 1 1 0 を有する光束に規制され、ハーフミラー 5 6 を通過して対物レンズ 1 1 3 に入射される。対物レンズ 1 1 3 は、開口率 (NA) 0.65 を有する高密度光ディスク用の対物レンズであって、入射する光ビームを 0.6 mm の透明性基板を有する高密度光ディスク 7 0 7 へ集光させる。

また、光源 1 0 1 は、CD 用の光源であって、780 nm の波長の光ビームを射出する。光源 1 0 1 から射出された光ビームはコリメータレンズ 1 0 2 によってほぼ平行光に変換され、アパーチャ 5 8 によって約直径 4 mm の有効径 1 2 0 を有する光束に規制され、ハーフミラー 5 6 で光路を変更されて対物レンズ 1 1 3 に入射される。対物レンズ 1 1 3 は、入射する光ビームを 1.2 mm の透明性

基板を有する光ディスク 708 へ集光させる。

このような 2 つの光源を再生する光ディスクの種類に応じて切換えることによって、1 つの対物レンズ 113 を用いて 2 種類の光ディスクの再生を可能としている。

しかしながら、光ディスク 707 のそり又は曲がり、光ディスク 707 の駆動機構の欠陥等によって、光ディスク 707 に傾きが生じる場合がある（面倒れ）。このような面倒れによって、光ディスク 707 の読取り又は書込み時に、光ディスク 707 の基板内に波面収差（主としてコマ収差）を生じる。

対物レンズ 113 の瞳座標上で換算した、光ディスク 707 の基板内に生じたコマ収差 20 は、図 23 B に示すようになる。コマ収差は、光ディスク 707 から反射される光ビームから作成される光強度信号を劣化させる原因となる。光ディスク 708 についても同様に、面倒れが発生する可能性があるが、記録密度が低い事等により、通常補正の必要性は低い。

さらに、このような光学装置の対物レンズ 113 は、0.6 mm の透明性基板を有する高密度光ディスク 707 のトラック面に光スポットを集光するように設定されているため、CD 等の 1.2 mm の透明性基板を有する光ディスク 708 のトラック面に光スポットを集光しようとする、入射光ビームの有効径を細くしたとしても、正確にトラック上に光スポットを集光することができない。したがって、CD 等の 1.2 mm の透明性基板を有する光ディスク 708 を再生する際に基板内に球面収差を生じることとなる。

対物レンズ 113 の瞳座標上で換算した、CD 等の 1.2 mm の透明性基板を有する光ディスク 708 の基板内に生じた球面収差 23 は、図 27 B のようになる。球面収差は、光ディスク 14 から反射される光ビームから作成される光強度信号を劣化させる原因とな

る。

(特許文献 1)

特開 2 0 0 1 - 1 4 3 3 0 3 号公報 (第 3 頁、第 1 図)

(特許文献 2)

特開 2 0 0 0 - 2 1 5 5 0 5 号公報 (第 2 頁、第 1 図)

(特許文献 3)

特開平 1 0 - 2 6 9 6 1 1 号公報 (第 3 - 5 頁、第 1 - 3 図、第 5 図)

(特許文献 4)

特開 2 0 0 1 - 1 0 1 7 0 0 (第 5 - 6 頁、第 6 図)

#### 発明の開示

本発明は、対物レンズと別体に設けることができる波面収差（主としてコマ収差及び球面収差）補正用の液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、トラッキングによる対物レンズの移動に拘わらず、良好にコマ収差の補正を行うことができる液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

さらに、本発明は、トラッキングによる対物レンズの移動に拘わらず、良好に球面収差の補正を行うことができる液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

さらに、トラッキング性能を損なうことなく、安価に製造することができる波面収差（主としてコマ収差及び球面収差）補正用の液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

さらに、本発明は、複数種類の光ディスクからの読取り又は書込みを1個の対物レンズを用いて良好に行うための波面収差（主としてコマ収差及び球面収差）補正用の液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

さらに、本発明は、複数種類の光ディスクからの読取り又は書込みを1個の対物レンズを用いて良好に行い且つトラッキング性能を損なうことがない波面収差（主としてコマ収差及び球面収差）補正用の液晶光学素子及びそのような液晶光学素子を用いた光学装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明に係る液晶光学素子では、第1の透明基板と、第2の透明基板と、第1及び第2の透明基板の間に封入された液晶と、光ビームの位相を進ませる又は遅らせるための領域を含み波面収差を補正するための電極パターンとを有し、領域がトラッキング手段によるトラッキングに拘らず実質的に対物レンズの視野の範囲内の留まるように対物レンズの視野に対して小さく形成されていることを特徴とする。光ビームの位相を進ませる又は遅らせるための領域が実質的に対物レンズの視野の範囲に留まるように形成されているので、トラッキングに拘らず十分な波面収差を行うことが可能となった。

また、上記目的を達成するために、本発明に係る光学装置では、光源と、光源からの光ビームを前記記録媒体へ集光するための対物レンズと、対物レンズを前記対物レンズの軸ずれを補正するために移動させるトラッキング手段と、対物レンズと別体に構成された液晶光学素子とを有し、

液晶光学素子は、第1の透明基板と、第2の透明基板と、第1及び第2の透明基板の間に封入された液晶と、光ビームの位相を進ませるため又は遅らせるための領域を含み波面収差を補正するための



電極パターンとを含み、領域がトラッキング手段によるトラッキングに拘らず実質的に前記対物レンズの視野の範囲内の留まるように対物レンズの視野に対して小さく形成されていることを特徴とする。光ビームの位相を進ませる又は遅らせるための領域が実質的に対物レンズの視野の範囲に留まるように形成されているので、トラッキングに拘らず十分な波面収差を行うことが可能となった。

なお、電極パターンは、発生する収差量に応じて波面収差を補正するためのものであることが好ましい。

さらに、電極パターンは、コマ収差補正用の電極パターンであることが好ましい。

さらにコマ収差補正用のために、領域は、光ビームの位相を進ませるための第1の領域及び前記光ビームの位相を遅らせるための第2の領域を有することが好ましく、光ビームの位相を実質的に変更しない第3の領域を有することがさらに好ましい。

さらに、領域は、コマ収差補正用のために、ただ一つの第1の領域及びただ一つの第2の領域を有することが好ましい。

さらに、領域は、コマ収差補正用のために、2箇所の第1の領域と及び2箇所の第2の領域を有することが好ましい。

さらに、コマ収差補正用のために、第1及び第2の領域が、トラッキング手段が動作しない場合に、対物レンズ視野に対して $50\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$ 内側に小さく形成されていることが好ましい。

さらに、コマ収差補正用のために、第1及び第2の領域が、トラッキング手段が動作しない場合に、光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/4$ 以下になるように、対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されていることが好ましい。

さらに、コマ収差補正用のために、第1及び第2の領域が、トラッキング手段が動作しない場合に、光ビームの収差補正後の残存コ

マ収差が $\lambda/14$ 以下になるように、対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されていることが好ましい。

さらに、コマ収差補正用のために、第1及び第2の領域が、トラッキング手段が動作しない場合に、光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $33\lambda\text{m}$ 以下になるように、対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されていることが好ましい。

さらに、電極パターンは、球面収差補正用の電極パターンであることが好ましい。

さらに、球面収差補正のために、領域は、光ビームの位相を進ませるための又は位相を遅らせるための複数の小領域を有していることが好ましい。

さらに、球面収差補正のために、複数の小領域は、トラッキング手段が動作しない場合に、対物レンズの視野に対して $50\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$ 内側に小さく形成されていることが好ましい。

さらに、球面収差補正のために、複数の小領域は、トラッキング手段が動作しない場合に、光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/4$ 以下になるように、対物レンズの有効径の内側領域のみに小さく形成されていることが好ましい。

さらに、球面収差補正のために、複数の小領域は、トラッキング手段が動作しない場合に、光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/14$ 以下になるように、対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されていることが好ましい。

さらに、球面収差補正のために、複数の小領域は、トラッキング手段が動作しない場合に、光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $33\lambda\text{m}$ 以下になるように、対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されていることが好ましい。

さらに、発生する球面収差に応じて、球面収差補正用の電極パタ

ーンに電圧を印加する電圧印加手段を有することが好ましい。

さらに、記録媒体は複数のトラック面を有し、複数のトラック面に応じて球面収差補正用の電極パターンを動作させる電圧印加手段を有することが好ましい。

さらに、電極パターンは、第1又は第2の透明基板の一方の表面上に形成されたコマ収差補正用の電極パターン及び、第1又は第2の透明基板の他方の表面上に形成された球面収差補正用の電極パターン有することが好ましい。

さらに、コマ収差補正用の第1及び第2の領域が、トラッキング手段が動作しない場合に、対物レンズの視野に対して $80\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 内側に小さく形成されており、球面収差用の複数の小領域が、トラッキング手段が動作しない場合に、対物レンズの視野に対して $70\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$ 内側に小さく形成されていることが好ましい。

さらに、使用される前記記録媒体に応じて、コマ収差補正用の電極パターン又前記球面収差補正用の電極パターンの動作を切換えるための切換え手段を有することが好ましい。

さらに、コマ収差補正用の電極パターンはDVD用に用いられ、球面収差補正用の電極パターンはCD用に用いられることが好ましい。

さらに、対物レンズは、DVD用の対物レンズであることが好ましい。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施形態に係わる光学装置を示す概念図である。

図2は、図1に用いられる液晶光学素子の断面図の一例を示す図

である。

図 3 A は図 1 に用いられる液晶光学素子のコマ収差補正用の電極パターンの一例を示し、図 3 B は図 3 A に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 3 C は補正されたコマ収差の一例を示す図である。

図 4 A は図 1 に用いられる液晶光学素子のコマ収差補正用の電極パターンの他の例を示し、図 4 B は図 4 B に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 4 C は補正されたコマ収差の一例を示す図である。

図 5 は、従来の波面収差補正用の液晶光学素子の動作を例示するための図である。

図 6 は、本発明に係わる液晶光学素子の動作を例示するための図である。

図 7 は、本発明に係る液晶光学素子において、軸ずれが生じた場合に、コマ収差が補正される具体例を説明するための図である。

図 8 は、従来の液晶光学素子において、軸ずれが生じた場合を説明するための図である。

図 9 は、本発明の第 2 の実施形態に係わる光学装置を示す概念図である。

図 10 は、図 9 に用いられる液晶光学素子の断面図の一例を示す図である。

図 11 A は図 9 に用いられる液晶光学素子の球面収差補正用の電極パターンの一例を示し、図 11 B 図 11 A に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 11 C は補正された球面収差の一例を示す図である。

図 12 A は図 9 に用いられる液晶光学素子の球面収差補正用の電極パターンの他の例を示し、図 12 B は図 12 A に示す電極パター

ンに印加される電圧の一例を示し、図 1 2 C は補正された球面収差の一例を示す図である。

図 1 3 は、本発明の第 3 の実施形態に係わる光学装置を示す概念図である。

図 1 4 A は図 1 3 に用いられる液晶光学素子のコマ収差補正用の電極パターンの一例を示し、図 1 4 A は図 1 4 B に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 1 4 C は補正されたコマ収差の一例を示す図である。

図 1 5 A は図 1 3 に用いられる液晶光学素子のコマ収差補正用の電極パターンの他の例を示し、図 1 5 A は図 1 5 B に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 1 5 C は補正されたコマ収差の一例を示す図である。

図 1 6 A は球面収差補正用の他の電極パターン例を示し、図 1 6 B はコマ収差補正用の他の電極パターン例を示す図である。

図 1 7 は、本発明の第 4 の実施形態に係わる光学装置を示す概念図である。

図 1 8 は、図 1 7 に用いられる液晶光学素子の一例の断面図を示す図である。

図 1 9 A は、図 1 7 に用いられる液晶光学素子のコマ収差補正用の電極パターンの一例を示し、図 1 9 B は図 1 9 A に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 1 9 C は補正されたコマ収差の一例を示す図である。

図 2 0 A は、図 1 7 に用いられる液晶光学素子の球面収差補正用の電極パターンの一例を示し、図 2 0 B は図 2 0 A に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 2 0 C は補正された球面収差の一例を示す図である。

図 2 1 A は、図 1 7 に用いられる液晶光学素子のコマ収差補正用

の電極パターンの他の例を示し、図 2 1 B は図 2 1 A に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 2 1 C は補正されたコマ収差の一例を示す図である。

図 2 2 A は、図 1 7 に用いられる液晶光学素子の球面収差補正用の電極パターンの他の例を示し、図 2 2 B は図 2 2 A に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 2 2 C は補正された球面収差の一例を示す図である。

図 2 3 A は記録媒体の面倒れによるコマ収差の発生を説明するための図であり、図 2 3 B は発生するコマ収差の一例を示す図である。

図 2 4 は、従来のコマ収差補正用の液晶光学素子を有する光学装置の一例を示す図である。

図 2 5 A は液晶光学素子のコマ収差補正用の電極パターンの一例を示し、図 2 5 B は図 2 5 A に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 2 5 C は補正されたコマ収差の一例を示す図である。

図 2 6 は、従来のコマ収差補正用の液晶光学素子を有する光学装置の他の例を示す図である。

図 2 7 A は記録媒体の球面収差の発生を説明するための図であり、図 2 7 B は発生する球面収差の例を示す図である。

図 2 8 は、従来の球面収差補正用の液晶光学素子を有する光学装置の一例を示す図である。

図 2 9 A は液晶光学素子の球面収差補正用の電極パターンの一例を示し、図 2 9 B は図 2 9 A に示す電極パターンに印加される電圧の一例を示し、図 2 9 C は補正された球面収差の一例を示す図である。

図 3 0 は、従来の球面収差補正用の液晶光学素子を有する光学装

置の他の例を示す図である。

図 3 1 は、従来の光学装置の一例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下図面を参照しながら、本発明に係る波面収差を補正するための液晶光学素子及びこれを用いた光学装置について説明を行う。発生する波面収差には、主としてコマ収差及び球面収差がある。以下に示す第 1 の実施形態では、主としてコマ収差を補正する液晶光学素子及びこれを用いた光学装置について説明する。また、以下に示す第 2 の実施形態では、主として球面収差を補正する液晶光学素子及びこれを用いた光学装置について説明する。さらに、以下に示す第 3 及び第 4 の実施形態では、主としてコマ収差及び球面収差を補正する液晶光学素子及びこれを用いた光学装置について説明する。

（第 1 の実施形態）

本発明の第 1 の実施形態に係る液晶光学素子を用いた光学装置 100 を図 1 に示す。図 1 において、半導体レーザ素子等の光源 1 から出射された光ビーム（650 nm）は、コリメータレンズ 2 によって有効径 10 を有するほぼ平行光に変換され、偏光ビームスプリッタ 50 を通過し、液晶光学素子 60 に入射する。液晶光学素子 60 を通過した光ビームは、1/4 波長板 55 を通過して、対物レンズ 3 により（DVD 等の）記録媒体 700 に集光される。液晶光学素子 60 は、後述するように、記録媒体 700 の基板内に発生するコマ収差を抑制するように補正を行う機能を有している。

なお、光ビームの波長は、DVD の場合 650 nm（本実施形態）、CD の場合 780 nm であり、共に  $\pm 20$  nm の誤差が生じる可能性がある。また、次世代の青色レーザの波長は 405 nm であ

り、主にDVDに利用される。本発明は特にDVDに対して有効であり、特に次世代の青色レーザを用いた場合には効果が大きい。

「有効径」とは、光ビームに位置ずれや径の変化のないとした場合の、幾何光学設計上の、対物レンズ3で有効に利用される液晶光学素子上での主光ビーム径を言う。また、「液晶光学素子の有効径」とは、発生する収差量に応じて位相を進ませる領域と遅らせる領域のことを指す。この点は、以下の全ての他の実施形態について同様である。

本実施形態では、対物レンズ3の開口率NAは0.65、有効径( $\phi$ )は3mmに設定されている。

対物レンズ3には、トラッキング用のアクチュエータ7が取付けられている。なお、ムービング・マグネット式のトラッキング手段をアクチュエータの代わりに用いることもできる。アクチュエータ7は、図中の矢印Aの方向に対物レンズ3を移動することによって、対物レンズによって集光される光ビームが、記録媒体700のトラックに正確に追従するように動作する（例えば、光ビーム11が光ビーム12に補正される）。アクチュエータ7には、駆動のための配線8が取付けされている。液晶光学素子60には、後述する透明電極パターンを駆動するための配線54が取付けされている。

記録媒体700から反射された光ビームは、再び対物レンズ3、1/4波長板55及び液晶光学素子60を通過して、偏光ビームスプリッタ50により光路を変更され、集光レンズ51によって受光器52に集光される。光ビームは、記録媒体700により反射される際に、記録媒体700のトラック面上に記録されている情報（ピット）によって振幅変調されている。受光器52は、受光した光ビームを光強度信号として出力する。この光強度信号（RF信号）から記録情報が読み出される。



液晶光学素子制御回路 5 3（以下単に「制御回路」と言う）は、受光器 5 2 からの光強度信号を利用して、記録媒体 7 0 0 の基板内に生じるコマ収差を検出する。さらに、制御回路 5 3 は、検出したコマ収差を相殺するように、配線 5 4 を介して液晶光学素子 6 0 の透明電極パターンに電圧を印加する。このような制御によって、光強度信号の強度が適正になるようにコマ収差が補正される。

図 2 に、図 1 に示された液晶光学素子 6 0 の断面図を示す。図 2 の矢印の示す方向は、図 1 において光源 1 から出た光ビームが偏光ビームスプリッタ 5 0 を通過した後、液晶光学素子 6 0 に入射する方向を示している。図 2 において、光源 1 側の透明基板 6 1 には、コマ収差補正用の透明電極 6 2 及び配向膜 6 3 が形成されている。また、記録媒体 7 0 0 側の透明基板 6 7 には、透明性対向電極 6 6 及び配向膜 6 5 が形成されている。液晶 6 8 は、2 枚の透明基板 6 1 及び 6 7 と、シール部材 6 4 との間に封入されている。図 2 に示される各要素は、説明の便宜上、誇張して図示されており、実際の厚さの比とは異なる。

図 3 A に、図 1 及び 2 に示された液晶光学素子 6 0 の透明電極 6 2 における、コマ収差補正用の透明電極パターン 3 0 0 を示す。図 3 A に示されるように、液晶光学素子 6 0 に入射される光ビームの有効径 1 0 から 5 0  $\mu$ m 内側に入った内側領域 1 8 に、位相を進ませるための 2 つの領域 3 2 及び 3 3、及び位相を遅らせるための 2 つの領域 3 4 及び 3 5 が配置されている。また、図中 3 1 は、基準電位を印加するための基準領域である。

ここで、内側領域とは、波面収差補正用の電極パターンを設けた、有効径 1 0 から所定の長さ内側に入った領域を言い、これは前述した液晶光学素子の有効径に相当する。

領域 3 1 に印加される基準電圧に対して正（+）の電圧を領域 3

2 及び 3 3 に印加すると、透明性対向電極 6 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。また、領域 3 1 に印加される基準電圧に対して負（－）の電圧を領域 3 4 及び 3 5 に印加すると、透明性対向電極 6 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域 3 1 には、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）が印加される。透明電極 6 2 のコマ収差補正用の電極パターン 3 0 0 へは、前述した制御回路 5 3 から配線 5 4（図 1 参照）によって電圧が印加されている。

図 3 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧 2 3 を示す。このような電圧が内側領域 1 8 の透明電極パターン 3 0 0 の各領域 3 1 ～ 3 5 に印加されることによって、液晶光学素子 6 0 は、記録媒体 7 0 0 が光軸に対して傾くことによって発生するコマ収差 2 0 を打ち消すように働く。

図 3 C に、補正後のコマ収差 2 4 を示す。即ち、図 3 B のコマ収差 2 0 が、図 3 C のコマ収差 2 4 のように補正されている。液晶光学素子 6 0 によって、記録媒体 7 0 0 の基板内に発生するコマ収差が抑制されるように補正されることが理解される。

ここで、有効径 1 0 の中心と、内側領域 1 8 の透明電極パターン 3 0 0 の中心とが合致している場合（軸ずれが発生していない場合）、補正後のコマ収差（残存コマ収差）は、レイリーの 4 分の 1 波長の法則（Rayleigh' s quarter wavelength rule）より、光源 1 の波長の  $1/4$  以下であることが好ましい。この条件を満たすことにより、レイリーの議論に従えば、基板内に発生するコマ収差による光の損失は普通許容されることと考えられるからである。

また、有効径 10 の中心と、内側領域 18 の透明電極パターン 300 の中心とが合致している場合（軸ずれが発生していない場合）、補正後のコマ収差（残存コマ収差）は、マーシャル（Marechal）の評価に従い、光源 1 の波長の  $1/14$  以下であることが好ましい。マーシャルは、波面と回折焦点に中心を持つ参照球面とのずれの標準偏差が  $\lambda/14$  以下になることが、特定の系において収差が十分に小さいことと等価であることとした。この条件を満たすことにより、マーシャルの議論に従えば、基板内に発生するコマ収差は十分に小さいと考えられるからである。

さらに、有効径 10 の中心と、内側領域 18 の透明電極パターン 300 の中心とが合致している場合（軸ずれが発生していない場合）、補正後のコマ収差（残存コマ収差）は、記録媒体が DVD である場合には、 $33\text{ m}\lambda$  以下であることが好ましい。DVD 評価器における評価基準（ $33\text{ m}\lambda$ ）をクリアすることが必要と考えられるからである。

内側領域を小さく設定すれば、アクチュエータ 7 によって大きな軸ずれが生じてても内側領域は液晶光学素子上の対物レンズの視野（以下単に「対物レンズの視野」と言う）の中に留まるので、軸ずれに拘わらずコマ収差の補正を行うことが可能となる。しかしながら、あまりに内側領域を小さく設定しすぎると、残存コマ収差が大きくなってしまう。上記の 3 つの例は、その条件を定めたものである。

図 4 A に本発明に係わる他のコマ収差補正用の透明電極パターン 310 を示す。図 4 A では、液晶光学素子 60 に入射される光ビームの有効径 10 から内側  $300\text{ }\mu\text{m}$  の内側領域 18 に、位相を進ませるための 1 つの領域 32、及び位相を遅らせるための 1 つの領域 34 を有している。また、図中 31 は、基準電位を印加するための

領域である。

領域 3 2 に対して正 (+) の電圧を印加すると、透明性対向電極 6 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。また、領域 3 4 に対して負 (-) の電圧を印加すると、透明性対向電極 6 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域 3 1 には、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）が印加される。透明電極パターン 3 1 0 へは、前述した制御回路 5 3 から配線 6（図 1 参照）によって電圧が印加されている。

図 4 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧 2 5 を示す。このような電圧が透明電極パターン 3 1 0 の各領域 3 1、3 2 及び 3 4 に印加されることによって、液晶光学素子 6 0 は、記録媒体 7 0 0 が光軸に対して傾くことによって発生するコマ収差 2 0 を打ち消すように働く。

図 4 C に、補正後のコマ収差 2 6 を示す。即ち、図 4 B のコマ収差 2 0 が、図 4 C のコマ収差 2 6 のように補正されている。液晶光学素子 6 0 によって、記録媒体 7 0 0 の基板内に発生するコマ収差が抑制されるように補正されることが理解される。

ここで、図 2 5 A に示すように、有効径 1 0 の内側全体に渡って位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域が形成されている場合と、図 3 A 又は図 4 A に示すように有効径 1 0 の内側領域 1 8 のみに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域が形成されている場合の差異について説明する。

図 2 5 A の場合のコマ収差補正は、図 5 A に示すように、有効径 1 0 内の全ての領域で光ビームを捉え、その光ビームを液晶光学素

子の有効径にて補正を行うことに匹敵する。しかしながら、対物レンズ 3 がアクチュエータ 7 によって移動されると、この液晶光学素子の有効径が対物レンズの視野の範囲内からずれてしまい（図 5 B 参照）、効果的にコマ収差補正を行うことができない。

これに対して、図 3 A の場合のコマ収差補正は、図 6 A に示すように、有効径 10 から 50  $\mu\text{m}$  の内側領域の範囲内でのみで光ビームを捉えて、液晶光学素子の有効径に相当する領域 18 にて補正を行うことに匹敵する。この場合に、対物レンズ 3 がアクチュエータ 7 によって移動されると、対物レンズの視野の中心は、内側領域 18 の中心からはずれるが、依然、この内側領域 18 は対物レンズの視野の範囲内に留まる（図 6 B 参照）。したがって、光軸の中心に内側領域 18 を捉えている場合（図 6 A 参照）に比べると若干程度は落ちるが、十分にコマ収差補正が行われることとなる。

有効径 10 の範囲内全てに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域を設けずに、有効径 10 の内側領域 18 のみに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域を設けたので、対物レンズ 3 がトラッキングのためにアクチュエータ 7 によって移動してしまっても、有効にコマ収差補正を行えるようになったものである。

即ち、アクチュエータ 7 によるレンズの移動に拘らず、実質的に、位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域は対物レンズの視野の範囲内に留まるように設定されているので、有効にコマ収差補正を行えるようになったものである。「実質的に留まる」とは、予め定められた精度内でコマ収差の補正が行えるような関係を言う。

以下の表 1 に、コマ収差補正用の電極パターンを設ける内側領域及び対物レンズのトラッキングによる移動量（＝軸ずれ量）と、反射光ビームに基づいて発生される RF 信号の劣化（主に信号のジッタ）との関係を示す。

R F 信号の劣化は、A ～ D の 4 段階で示しており、A は最良の状態、B は良の状態、C は R F 信号として使用可能な状態、D は R F 信号として使用することができない状態を表している。なお、以下の表 1 を作成するに際しては、有効径から  $0 \mu\text{m}$ 、 $50 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m}$ 、 $150 \mu\text{m}$ 、 $200 \mu\text{m}$ 、 $250 \mu\text{m}$ 、 $300 \mu\text{m}$  及び  $350 \mu\text{m}$  の内側領域のみに位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を作成した液晶光学素子を作成し、液晶光学素子と対物レンズとの光軸を  $0 \mu\text{m}$ 、 $50 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m}$ 、 $150 \mu\text{m}$ 、 $200 \mu\text{m}$  ずらして R F 信号のジッタ量を測定した。光学装置は、図 1 と同じ構成とし、有効径 ( $\phi$ )  $3 \text{mm}$ 、対物レンズの開口数 (NA) を 0.65 とした。

〔表 1〕

		軸ずれ量 ( $\mu\text{m}$ )				
		0	50	100	150	200
内側領域 ( $\mu\text{m}$ )	0	A	C	D	D	D
	50	A	B	C	D	D
	100	B	B	B	C	D
	150	B	B	B	B	C
	200	B	B	B	B	B
	250	B	B	B	B	B
	300	B	B	B	C	C
	350	C	D	D	D	D

表 1 から理解されるように、 $0 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$  の軸ずれ量が発生しても、有効径から  $50 \mu\text{m} \sim 300 \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が設けられている液晶光学素子では、ほぼ良好なコマ収差補正を行うことが可能となった。良好なコマ収差補正を行えるので、R F 信号のジッタ量が抑制され、光学装置として使用可能な状態となる。なお、有効径から  $50 \mu\text{m}$  の

内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた例は、図 3 A に相当し、有効径から  $300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた例は、図 4 A に相当する。

これに対して、有効径から  $0\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ（即ち、有効径  $10$  全体に）位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた液晶光学素子（即ち、図 25 A に示される従来の液晶光学素子）では、軸ずれ量が  $100\ \mu\text{m}$  以上発生すると、適正な収差補正を行うことができなくなる。即ち、RF 信号のジッタ量が増加して、光学装置として使用不可能な状態となる。

また、有効径から  $350\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた場合も、軸ずれ量が  $50\ \mu\text{m}$  以上発生すると、適正なコマ収差補正を行うことができなくなる。即ち、RF 信号のジッタ量が増加して、光学装置として使用不可能な状態となる。これは、位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が小さくなりすぎて、逆に適切なコマ収差補正が行えなくなっているものと考えられる。

このように、有効径から  $50\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた液晶光学素子を用いることによって、対物レンズのトラッキングのための移動による軸ずれが発生しても、良好にコマ収差補正を行うことが可能となる。

なお、光学装置の仕様に応じて位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設ける内側領域を設定することもできる。例えば、トラッキングによる軸ずれが  $100\ \mu\text{m}$  と予めわかっている場合には、有効径から  $50 \sim 100\ \mu\text{m}$  の内側領域を設定すれば良い。またトラッキングによる軸ズレが大きい場合には、その仕様に合わせて内

側領域を設定すれば良い。

図 7 及び図 8 を用いて、軸ずれが発生した場合のコマ収差補正についてさらに説明する。図 7 は、図 4 A に示す透明電極パターン 310 を用いた場合であり、図 8 は、図 25 A に示す従来の透明電極パターン 30 を用いた場合である。図 7 A 及び図 8 A は軸ずれが無い場合（図 4 B 及び図 25 B と同じ）、図 7 B 及び図 8 B は  $50\ \mu\text{m}$  の軸ずれが発生した場合、図 7 C 及び図 8 C は  $100\ \mu\text{m}$  の軸ずれが発生した場合をそれぞれ示している。

図 7 B 及び図 7 C に示すように、光ビームの有効径 10 及び内側領域 18 の中心からそれぞれ  $50\ \mu\text{m}$  及び  $100\ \mu\text{m}$  の軸ずれが生じてても、液晶光学素子の内側領域 18 に形成されている位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域に印加される電圧波形 26 及び 27 の形状は、対物レンズの視野内に存在している。即ち、軸ずれが生じていない図 7 A と比べて大きく変化していない。したがって、正常に収差を補正することが可能になる。即ち、アクチュエータ 7 による対物レンズの移動に拘らず、実質的に、位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域（液晶光学素子の有効領域）は対物レンズの視野の範囲内に留まるように設定されているので、有効にコマ収差補正を行えるようになったものである。

これに対して、図 8 B では、液晶光学素子の有効径内の全体に渡って位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が形成されている。したがって、それに印加される電圧波形 28 は、 $50\ \mu\text{m}$  の軸ずれが発生した場合にも、僅かながら変化してしまう（軸ずれが生じていない図 8 A と比べると、点線部分が欠落する）。位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域に印加される電圧波形の全体形状に応じて、収差が補正されていると考えられるので、この波形が僅かでも変化すると、収差補正機能に多少影響が生じてしまう。したがって



、表において、内側領域  $0 \mu\text{m}$  の場合、軸ずれ  $0 \mu\text{m}$  の場合には R F 信号の劣化は A であるが、軸ずれ  $50 \mu\text{m}$  の場合には、電圧波形（符号）が僅かに変化するため（点線部分が欠落するため） C となっている。

さらに、図 8 C では、位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域に印加される電圧波形 29 は、 $100 \mu\text{m}$  の軸ずれが発生した場合には、図 8 A と比べると大巾に変化してしまう。即ち、収差補正機能に大きな影響が生じる。したがって、表において、内側領域  $0 \mu\text{m}$  の場合、軸ずれ  $0 \mu\text{m}$  の場合には A であるが、軸ずれ  $100 \mu\text{m}$  の場合には D となっている。

このように、本実施形態における液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、トラッキングによって対物レンズが移動しても、コマ収差補正に寄与する領域は実質的に対物レンズの視野有の範囲内に留まるように設定されているので、良好に記録媒体の基板内に生じるコマ収差を補正することが可能となった。

また、本実施形態における液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、コマ収差補正用の液晶光学素子を対物レンズと一体的に構成しなくても良いので、アクチュエータに負担をかけず、簡単な構成で良好なコマ収差補正と良好なトラッキングを行うことが可能となった。

## （第 2 の実施形態）

本発明の第 2 の実施形態に係る液晶光学素子を用いた光学装置 1100 を図 9 に示す。図 1 と同様の構成には、同じ参照番号を付している。

図 9 において、光源 1 から出射された光ビーム（ $405 \text{ nm}$ ）は、コリメータレンズ 2 によって、有効径 10 を有するほぼ平行光に

変換され、偏光ビームスプリッタ 50 を通過した後、液晶光学素子 70 に入射する。液晶光学素子 70 を通過した光ビームは、1/4 波長板 55 を通過し、対物レンズ 13 (開口率  $NA = 0.85$ ) により記録媒体 703 に集光される。本実施形態において、有効径 10 ( $\phi$ ) は 3 mm に設定されている。

記録媒体 703 から反射された光ビームは、再び対物レンズ 13、1/4 波長板 55 及び液晶光学素子 70 を経て、偏光ビームスプリッタ 50 により光路を変更され、集光レンズ 51 を介して受光器 52 に集光される。光ビームは、記録媒体 703 により反射される際に、記録媒体 703 のトラック面上に記録されている情報 (ピット) によって振幅変調されている。受光器 52 は、受光した光ビームを光強度信号として出力する。この光強度信号 (RF 信号) から記録情報が読み出される。

また、記録媒体 703 に書込みを行う場合には、書込みを行うためのデータ信号に応じて光源 1 から出射された光ビームの強度を変調し、変調された光ビームによって記録媒体を照射する。記録媒体では、光ビームの強度に応じて、ディスクに挟まれた薄膜の屈折率や色が変化し、又はピットの起状が生じることで、データが書き込まれる。なお、光ビームの強度変調は、光源 1 に用いる半導体レーザ素子に流す電流を変調すること等によって行うことができる。

対物レンズ 3 には、トラッキング用のアクチュエータ 7 が取付けられている。アクチュエータ 7 が、図中の矢印 A の方向に対物レンズ 3 を移動することによって、対物レンズ 3 によって集光される光ビームが、記録媒体 703 のトラックに正確に追従する。アクチュエータ 7 には、駆動のための配線 8 が取付けられている。液晶光学素子 70 には後述する透明電極パターンを駆動するための配線 54 が取付けられている。

液晶光学素子 70 は、後述するように、図 11A 又は図 12A に示されるような球面収差補正用の透明電極パターン 410 又は 420 を有している。

記録媒体 703 は、次世代の高密度 DVD であり、直径 12 cm、厚さ 1.2 mm の円盤形状を有している。また、情報が記録されるトラック面の上には、約 0.1 mm のポリカーボネイト等から構成される光透過保護層が設けられている。また、トラックピッチは、従来の DVD の約 2 倍 ( $0.32 \mu\text{m}$ ) であり、 $405 \text{ nm}$  の青色レーザ及び開口率 ( $\text{NA}$ ) = 0.85 の対物レンズを用いて光スポット面積を従来の DVD の約  $1/5$  として、片面で最大約 27 GB の容量を実現するものである。

このような記録媒体 703 では、従来の DVD に比べて更にトラック面を保護する光透過保護層の厚さムラに起因する球面収差によって、受光器 52 から出力される光強度信号が劣化してしまう。そこで、制御回路 253 は、受光器 52 からの光強度信号に基づいて球面収差を検出し、検出した球面収差を相殺するように、配線 54 を通じて、球面収差補正用の電極パターンに電圧を印加する。なお、受光器 52 からの光強度信号 (RF 信号) の振幅を最大にするように、球面収差補正用の電極パターンに電圧を印加することによって、記録媒体 703 の基板内に発生する球面収差を相殺することが可能である。

図 10 に、図 9 に示された液晶光学素子 70 の断面図を示す。図 10 の矢印の示す方向は、図 9 において光源 1 から出た光ビームが偏光ビームスプリッタ 50 を通過した後、液晶光学素子 70 に入射する方向を示している。図 10 において、光源 1 側の透明基板 71 には、球面収差補正用の透明電極 72 及び配向膜 73 が形成されている。また、記録媒体 703 側の透明基板 77 には、透明性対向電

極 7 6 及び配向膜 7 5 が形成されている。液晶 7 8 は、2 枚の透明基板 7 1 及び 7 7 と、シール部材 7 4 との間に封入されている。図 1 0 に示される各要素は、説明の便宜上、誇張して図示されており、実際の厚さの比と異なる。

図 1 1 A に、図 9 及び 1 0 に示された液晶光学素子 7 0 における球面収差補正用の透明電極パターン 4 1 0 の一例を示す。図 1 1 A に示されるように、液晶光学素子 7 0 に入射される光ビームの有効径 1 0 から  $50\ \mu\text{m}$  内側に入った内側領域 1 8 に、位相を進ませるための 6 つの領域 4 2 ~ 4 7 が同心円状に配置されている。なお、領域 4 1 には、基準電位が印加されており、入射ビームの位相を進ませる機能を有してはいない。

領域 4 2 ~ 4 7 に、基準電位に対して正 (+) の電圧を印加すると、透明性対向電極 7 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。領域 4 1 には、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）が印加される。球面収差補正用の電極パターン 4 1 0 へは、前述した制御回路 2 5 3 から配線 5 4（図 9 参照）によって電圧が印加されている。

図 1 1 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧波形 2 0 3 を示す。このような電圧が内側領域 1 8 の各領域 4 1 ~ 4 7 に印加されることによって、記録媒体 7 0 3 の光透過保護層の厚みムラ等に起因する球面収差 2 1 を打ち消すように、液晶光学素子 7 0 が働く。

図 1 1 C に、補正後の球面収差 2 0 5 を示す。図 1 1 B の球面収差 2 1 が、図 1 1 C の球面収差 2 0 5 となるように補正される。即ち、液晶光学素子 7 0 を用いることで、記録媒体 7 0 3 の基板内に発生する球面収差が抑制されるように補正されることが理解される

。

図 1 2 A に、本実施形態における他の球面収差補正用の透明電極パターン 4 2 0 の一例を示す。図 1 2 A では、液晶光学素子 7 0 に入射される光ビームの有効径 1 0 から内側 3 0 0  $\mu$  m の内側領域 1 8 に、位相を進ませるための 4 つの領域 4 2 ~ 4 5 を有している。なお、領域 4 1 は、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）を印加するための領域である。

領域 4 2 ~ 4 5 に、基準電位に対して正（+）の電圧を印加すると、透明性対向電極 7 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。透明電極パターン 4 2 0 へは、前述した制御回路 2 5 3 から配線 5 4（図 9 参照）によって電圧が印加されている。

図 1 2 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧 2 0 6 を示す。このような電圧が透明電極パターン 4 2 0 の各領域 4 2 ~ 4 5 に印加されることによって、記録媒体 7 0 3 の基板中に発生する球面収差 2 1 を打ち消すように、液晶光学素子 7 0 が働く。

図 1 2 C に、補正後の球面収差 2 0 7 を示す。図 1 2 B の球面収差 2 1 が、図 1 2 C の球面収差 2 0 7 となるように補正される。即ち、記録媒体 7 0 3 の基板内に発生する球面収差が抑制されるように補正されることが理解される。

図 1 1 A 及び図 1 2 A の説明では、球面収差補正用の透明電極パターン 4 1 0 及び 4 2 0 の各領域に、基準電位に対して正（+）の電圧を印加して、この部分を通過する光ビームをその位相を進めるように制御した。しかしながら、記録媒体 7 0 3 の基板中に発生する球面収差が図 1 1 B 及び図 1 2 B とは逆向きに発生する場合には、電極パターン 4 1 0 及び 4 2 0 の各領域に、図 1 1 B 及び図 1 2

Bとは逆の負（－）の電圧を印加するように制御することもできる。その場合、電極パターン４１０及び４２０の各領域を通過する光ビームは、その位相を遅らされるような作用を受ける。

ここで、補正後の球面収差（残存球面収差）は、前述したように、（レイリーの４分の１波長の法則により）光ビームの波長の $1/4$ 以下であることが好ましい。また、補正後の球面収差は、前述したように、（マーシャルの評価により）光ビームの波長の $1/14$ 以下であることが好ましい。さらに、補正後の球面収差は、前述したように、記録媒体が通常のDVDである場合には、（DVD評価器における評価基準により） $33\text{ m}\lambda$ 以下であることが好ましい。

ここで、図２９Ａに示すように、有効径１０の内側全体に渡って位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）が形成されている場合と、図１１Ａ又は図１２Ａに示すように有効径１０の内側領域１８のみに位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）が形成されている場合の差異について説明する。

図２９Ａの場合の球面収差補正は、前述した図５Ａに示すように、有効径１０内の全ての領域で光ビームを捉え、その光ビームを液晶光学素子の有効径にて補正を行うことに匹敵する。しかしながら、対物レンズ３がアクチュエータ７によって移動されると、液晶光学素子の有効径が対物レンズの視野の範囲内からずれてしまい（図５Ｂ参照）、効果的に球面収差補正を行うことができない。

これに対して、図１１Ａの場合の球面収差補正は、前述した図６Ａに示すように、有効径１０から $50\text{ }\mu\text{m}$ の内側領域の範囲内でのみで光ビームを捉えて、液晶光学素子の有効径に相当する内側領域１８にて補正を行うことに匹敵する。この場合に、対物レンズ３がアクチュエータ７によって移動されると、対物レンズの視野の中心が内側領域１８の中心からはずれるが、依然、この内側領域１８は

対物レンズの視野の範囲内に留まる（図 6 B 参照）。したがって、光軸の中心に光ビームを捉えている場合（図 6 A 参照）に比べると若干程度は落ちるが、十分に球面収差補正が行われることとなる。

有効径 10 の範囲内全てに位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）を設けずに、有効径 10 の内側領域 18 のみに位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）を設けたので、対物レンズ 3 がトラッキングのためにアクチュエータ 7 によって移動してしまっても、有効に球面収差補正を行えるようになったものである。

即ち、アクチュエータ 7 によるレンズの移動に拘らず、実質的に、位相を進ませる（又は遅らせる）領域は、対物レンズの視野の範囲内に留まるように設定されているので、有効に球面収差補正を行えるようになったものである。

以下の表 2 に、球面収差補正用の電極パターンを設ける内側領域及び対物レンズのトラッキングによる移動量（＝軸ずれ量）と、反射光ビームに基づいて発生される R F 信号の劣化（主に信号のジッタ）との関係を示す。

光強度信号の劣化は、A～D の 4 段階で示しており、A は最良の状態、B は良の状態、C は光強度信号として使用可能な状態、D は光強度信号として使用することができない状態を表している。なお、以下の表 2 を作成するに際しては、有効径から 0  $\mu\text{m}$ 、50  $\mu\text{m}$ 、100  $\mu\text{m}$ 、150  $\mu\text{m}$ 、200  $\mu\text{m}$ 、250  $\mu\text{m}$ 、300  $\mu\text{m}$  及び 350  $\mu\text{m}$  の内側領域のみに位相を進ませる複数の領域を作成した液晶光学素子を作成し、液晶光学素子と対物レンズとの光軸を 0  $\mu\text{m}$ 、50  $\mu\text{m}$ 、100  $\mu\text{m}$ 、150  $\mu\text{m}$ 、200  $\mu\text{m}$  ずらして光強度信号のジッタ量を測定した。光学装置は、図 9 と同じ構成とした。

〔表 2〕

		軸ずれ量 ( $\mu\text{m}$ )				
		0	50	100	150	200
内側領域 ( $\mu\text{m}$ )	0	A	C	D	D	D
	50	A	B	C	D	D
	100	B	B	B	C	D
	150	B	B	B	B	C
	200	B	B	B	B	B
	250	B	B	B	B	B
	300	B	B	B	C	C
	350	C	D	D	D	D

表 2 から理解されるように、 $0\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$  の軸ずれ量が発生しても、有効径から  $50\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる複数の領域（又は位相を遅らせる複数の領域）が設けられている液晶光学素子では、ほぼ良好な球面収差補正を行うことが可能となった。良好な球面収差補正を行えるので、RF 信号のジッタ量が抑制され、光学装置として使用可能な状態となる。なお、有効径から  $50\mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）を設けた例は図 1 1 A に相当し、有効径から  $300\mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）を設けた例は図 1 2 A に相当する。

これに対して、有効径から  $0\mu\text{m}$  の内側領域にのみ（即ち、有効径 10 全体に）位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）を設けた液晶光学素子（即ち、図 2 9 A に示される従来の液晶光学素子）では、軸ずれ量が  $100\mu\text{m}$  以上発生すると、適正な球面収差補正を行うことができなくなる。即ち、RF 信号のジッタ量が増加して、光学装置として使用不可能な状態となる。

また、有効径から  $350\mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領



域（又は位相を遅らせる領域）を設けた場合も、軸ずれ量が  $50\ \mu\text{m}$  以上発生すると、適正な球面収差補正を行うことができなくなる。即ち、RF 信号のジッタ量が増加して、光学装置として使用不可能な状態となる。これは、位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）が小さくなりすぎて、逆に適切な球面収差補正が行えなくなっているものと考えられる。

このように、有効径から  $50\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）を設けた液晶光学素子を用いることによって、対物レンズのトラッキングのための移動による軸ずれが発生しても、良好に球面収差補正を行うことが可能となる。

なお、光学装置の仕様に応じて位相を進ませる領域（又は位相を遅らせる領域）を設ける内側領域を設定することもできる。例えば、トラッキングによる軸ずれが  $100\ \mu\text{m}$  と予めわかっている場合には、有効径から  $50 \sim 100\ \mu\text{m}$  の内側領域を設定すれば良い。またトラッキングによる軸ズレが大きい場合には、その仕様に合わせて内側領域を設定すれば良い。

このように、本実施形態における液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、トラッキングによって対物レンズが移動しても、球面収差補正に寄与する領域は実質的に対物レンズの視野の範囲内に留まるように設定されているので、良好に記録媒体の基板内に生じる球面収差を補正することが可能となった。

また、本実施形態における液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、球面収差補正用の液晶光学素子を対物レンズと一体的に構成しなくても良いので、アクチュエータに負担をかけず、簡単な構成で良好な球面収差補正と良好なトラッキングを行うことが可能となった。

### (第 3 の実施形態)

本発明の第 3 の実施形態に係る液晶光学素子 7 9 を用いた光学装置 1 2 0 0 を図 1 3 に示す。図 9 と同様の構成には、同じ参照番号を付している。

図 1 3 において、光源 1 0 1 から出射された光ビーム (6 5 0 n m) は、コリメータレンズ 2 によって、有効径 1 0 を有するほぼ平行光に変換され、偏光ビームスプリッタ 5 0 を通過した後、液晶光学素子 7 9 に入射する。液晶光学素子 7 9 を通過した光ビームは、1 / 4 波長板 5 5 を通過して、対物レンズ 1 0 3 (開口率  $NA = 0.65$ ) により記録媒体 7 0 4 に集光される。本実施形態では、有効径 1 0 ( $\phi$ ) は 3 m m に設定されている。

記録媒体 7 0 4 から反射された光ビームは、再び対物レンズ 1 0 3、1 / 4 波長板 5 5 及び液晶光学素子 7 9 を経て、偏光ビームスプリッタ 5 0 により光路を変更され、集光レンズ 5 1 を介して受光器 5 2 に集光される。光ビームは、記録媒体 7 0 4 により反射される際に、記録媒体 7 0 4 のトラック面上に記録されている情報 (ビット) によって振幅変調され、受光器 5 2 により光強度信号として出力される。この光強度信号 (R F 信号) から記録情報が読み出される。

記録媒体 7 0 4 は、D V D であり、直径 1 2 c m、厚さ 1.2 m m の円盤形状を有している。また、情報が記録される第 1 トラック面 7 0 5 (光の入射側) 及び第 2 トラック面 7 0 6 を有しており、第 1 トラック面の上には、約 0.6 m m のポリカーボネイト等から構成される光透過保護層が設けられている。また、光源 1 0 1 として、6 5 0 n m の赤色レーザを用い、対物レンズ 1 0 3 として開口率 ( $NA$ ) = 0.65 のレンズを用いて、2 層により約 9.5 G B の容量を実現している。

対物レンズ 103 には、トラッキング用のアクチュエータ 7 が取付けられており、図中の矢印 A の方向に対物レンズ 103 を移動することによって、対物レンズによって集光される光ビームが、記録媒体 704 のトラックに正確に追従するように構成されている。アクチュエータ 7 には、駆動のための配線 8 が取付けられており、液晶光学素子 79 には後述する透明電極パターンを駆動するための配線 54 が取付けされている。

制御回路 353 は、トラック切換え信号（不図示）に応じて、液晶光学素子 79 の球面収差補正用の透明電極パターン（図 11A 又は図 12A に示される電極パターン 410 又は 420）に電圧を印加する。球面収差補正用の透明電極パターンに電圧が印加されていない場合、対物レンズ 103 は、第 1 トラック面 705 上の読取り又は書込みを行うのに適したようにビーム 11 を集光させている。しかしながら、液晶光学素子 79 は、球面収差補正用の透明電極パターンに電圧が印加されると、球面収差が補正されて、第 2 トラック面 706 上の読取り又は書込みを行うのに適したようにビーム 12 を集光させる。

さらに、制御回路 353 は、受光器 52 からの光強度信号を利用して、記録媒体 704 の基板内に生じる波面収差（主としてコマ収差）を検出し、検出したコマ収差を相殺するように、後述するコマ収差補正用の透明電極パターンへ、配線 54（図 13 参照）によって電圧を印加する。

図 13 の液晶光学素子 79 は、図 10 に示す液晶光学素子 70 と同様の構成を有している。また、液晶光学素子 79 の透明電極 72 には、第 2 の実施形態で説明したように、図 11A 又は図 12A に示した球面収差補正用の透明電極パターン 410 又は 420 が設けられているものとする。さらに、液晶光学素子 79 の他の透明電極

76には、後述するコマ収差補正用の透明電極パターン320又は330が設けられている。

図14Aに、液晶光学素子79の透明電極76に設けられるコマ収差補正用の透明電極パターン320の一例を示す。図14Aに示すコマ収差補正用の透明電極パターン320は、図11Aに示す球面収差補正用の透明電極パターン410に対応するものである。図14Aでは、液晶光学素子79に入射される光ビームの有効径10から50 $\mu$ mの内側に入った内側領域18に、位相を進ませるための2つの領域32及び33、及び位相を遅らせるための2つの領域34及び35が配置されている。また、図中31は、基準電位を印加するための領域である。

領域32及び33に、基準電位に対して正（+）の電圧を印加すると、対向する透明電極72との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。また、領域34及び35に、基準電位に対して負（-）の電圧を印加すると、同様に対向する透明電極72との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域31には、基準電位（例えばこの場合は0Vと考える）が印加される。

制御回路353は、受光器52からの光強度信号を利用して、記録媒体704の基板内に生じる波面収差（主としてコマ収差）を検出し、検出したコマ収差を相殺するように、コマ収差補正用の透明電極パターン320へ、配線54（図13参照）によって電圧を印加する。

図14Bに、X軸上において各領域に印加される電圧121を示

す。このような電圧が内側領域 18 の各領域 31 ~ 35 に印加されることによって、液晶光学素子 79 は、記録媒体 704 が光軸に対して傾くことによって発生するコマ収差 20 を打ち消すように働く。

図 14C に、補正後のコマ収差 122 を示す。即ち、図 14B のコマ収差 20 が、図 14C のコマ収差 122 のように補正されている。液晶光学素子 79 によって、記録媒体 704 の基板内に発生するコマ収差が抑制されるように補正されることが理解される。

図 15A に、液晶光学素子 79 の透明電極 76 に設けられるコマ収差補正用の透明電極パターン 330 の一例を示す。図 15A に示すコマ収差補正用の透明電極パターン 330 は、図 12A に示す球面収差補正用の透明電極パターン 420 に対応するものである。図 15A では、液晶光学素子 79 に入射される光ビームの有効径 10 から内側 300  $\mu\text{m}$  の内側領域 18 に、位相を進ませるための 2 つの領域 32 及び 33、及び位相を遅らせるための 2 つの領域 34 及び 35 を設けた。また、図中 31 は、基準電位を印加するための領域である。

領域 32 及び 33 に、基準電位に対して正 (+) の電圧を印加すると、対向する透明電極 72 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。また、領域 34 及び 35 に、基準電位に対して負 (-) の電圧を印加すると、対向する透明電極 72 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域 31 には、基準電位（例えばこの場合は 0 V と考える）が印加される。

制御回路 3 5 3 は、受光器 5 2 からの光強度信号を利用して、記録媒体 7 0 4 の基板内に生じる波面収差（主としてコマ収差）を検出し、検出したコマ収差を相殺するように、コマ収差補正用の透明電極パターン 3 3 0 へ、配線 5 4（図 1 3 参照）によって電圧を印加する。

図 1 5 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧 1 2 3 を示す。このような電圧が対向透明電極パターン 3 3 0 の各領域 3 1 ～ 3 5 に印加されることによって、記録媒体 7 0 4 が光軸に対して傾くことによって発生するコマ収差 2 0 を打ち消すように働く。

図 1 5 C に、補正後のコマ収差 1 2 4 を示す。即ち、図 1 5 B のコマ収差 2 0 が、図 1 5 C のコマ収差 1 2 4 のように補正されている。液晶光学素子 7 9 によって、記録媒体 7 0 4 の基板内に発生するコマ収差が抑制されるように補正されることが理解される。

なお、コマ収差補正用の透明電極パターン 3 2 0 及び 3 3 0 に関しても、図 1 1 A 及び 1 5 A に示す球面収差補正用の透明電極パターン 4 1 0 及び 4 2 0 と同様に、有効径から  $50\ \mu\text{m}$  ～  $300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる複数の領域と位相を遅らせる領域が設けられている場合に、トラッキングによる軸ズレが生じてても、良好なコマ収差補正を行うことが可能となる。なお、有効径から  $50\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる複数の領域と位相を遅らせる領域を設けた例は図 1 4 A に相当し、有効径から  $300\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる複数の領域と位相を遅らせる領域を設けた例が図 1 5 A に相当する。

このように、液晶光学素子 7 9 に、図 1 1 A 又は図 1 2 A に示される球面収差補正用の透明電極パターン 4 1 0 又は 4 2 0 と、図 1 4 A 又は図 1 5 A に示されるコマ収差補正用の透明電極パターン 3 2 0 又は 3 3 0 を設けることによって、次世代の高密度 DVD 等の

記録媒体 704 の読取り又は書込み時に生じる球面収差及びコマ収差を補正することが可能となった。なお、球面収差補正用の透明電極パターン及びコマ収差補正用の透明電極パターンの内側領域の範囲は、一致させることが好ましい。さらに、液晶光学素子 79 の透明基板に形成される球面収差補正用の透明電極パターン及びコマ収差補正用の透明電極パターンは入れ替えて設けても良い。

対物レンズ 3 と液晶光学素子 70 の光軸が正確に合わせて取付けられた場合には、図 16 A 及び B に示す様な左右領域 170 を設定することもできる。即ち、トラッキングの最大移動量（通常は  $200 \sim 300 \mu\text{m}$ ）を考慮して、図中 X 軸方向についてだけ有効径から右左  $Z \mu\text{m}$  の左右領域 170 にのみ、位相を制御する領域を設け、図中 Y 軸方向については有効径のままとする。この様な構成にしても、球面及びコマ収差の補正を行うことができる。なお、図 16 A は球面収差補正用電極パターン 430 の例であり、図 16 B はコマ収差補正用電極パターン 340 の例である。

したがって、図 16 A 及び B に示すような波面収差補正用の電極パターンを図 13 に示す光学装置 1200 の液晶光学素子 79 の透明電極 72 及び 76 にそれぞれ設けることもできる。

このように、本実施形態における液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、トラック切換え信号に応じて球面収差補正用の透明電極パターンに電圧を印加することによって、記録媒体 704 内の複数のトラック面に対しても良好な読取り又は書込みを行うことが可能となった。

また、本実施形態における液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、所定の内側領域にのみ球面収差補正用の透明電極パターン及びコマ収差補正用の透明電極パターンが設けられているので、トラッキングによって対物レンズが移動しても、球面収差及びコマ収

差収差補正に寄与する領域は実質的に対物レンズの視野の範囲内に留まるように設定されているので、良好な球面収差及びコマ収差の補正を行うことが可能となった。

#### （第４の実施形態）

本発明の第４の実施形態に係る液晶光学素子９０を用いた光学装置１３００を図１７に示す。図１と同様の構成には、同じ参照番号を付している。また、図１との差異は、２つの光源１及び１０１を用い、図１の液晶光学素子６０とは異なる液晶光学素子９０を用いた点である。

第１の光ディスク７０７（ＤＶＤ等の高密度光ディスク）を用いる場合にコマ収差が発生し、第２の光ディスク７０８を用いる場合に球面収差が発生する。さらに、第１の光ディスク７０７又は第２の光ディスク７０８のトラックと対物レンズ１１３の光軸とがずれる（軸ずれ）も発生する。そこで、対物レンズ１１３の光軸を第１の光ディスク７０７又は第２の光ディスク７０８のトラックに追従させるために、トラッキング用のアクチュエータ７が対物レンズ１１３に取付けられている。アクチュエータ７には電力を供給するための配線８が取付けられている。アクチュエータ７が、図中の矢印Ａの方向に対物レンズ１１３を移動させることによって、対物レンズ１１３によって集光される光ビームが正確に第１の光ディスク７０７又は第２の光ディスク７０８のトラックに追従する。

しかしながら、アクチュエータ７が、対物レンズ１１３を移動させてしまうと、液晶光学素子９０と対物レンズ１１３との位置関係が変化してしまう。コマ収差補正用の透明電極パターン及び球面収差用の透明電極パターンが、それぞれ光学装置１３００の有効径１１０及び１２０と一致するように設計されているものとする。即ち



、液晶光学素子 90 は、対物レンズ 113 及び液晶光学素子 90 が、光軸に対して正確に一致した状態でのみ、第 1 の光ディスク 707 の基板内に生じるコマ収差及び第 2 の光ディスク 708 の基板内に生じる球面収差を理想的に補正できるように設計されている。すると、トラッキングにより、液晶光学素子 90 と対物レンズ 113 との位置関係が変化した状態では、液晶光学素子 90 では、十分に波面収差を補正することができない場合がある。

そこで、図 17 に示す光学装置 1300 では、トラッキングによる対物レンズ 113 の移動に拘わらず、コマ収差及び球面収差の補正を良好に行うことを可能とする液晶光学素子 90 を採用した。

図 17 において、半導体レーザ素子等の第 1 の光源 1 から出射された光ビーム (650 nm) は、コリメータレンズ 2 によってほぼ平行光に変換され、アパーチャ 57 によって直径約 5 mm の有効径 110 を持つ光ビームに規制される。さらに光ビームは、ハーフミラー 56 及び偏光ビームスプリッタ 50 を通過した後、液晶光学素子 90 に入射する。液晶光学素子 90 を通過した光ビームは、1/4 波長板 55 を通過して、対物レンズ 113 (開口率  $NA = 0.65$ ) により第 1 の光ディスク 707 のトラック面上に集光される。

また、半導体レーザ素子等の第 2 の光源 101 から出射された光ビーム (780 nm) は、コリメータレンズ 102 によってほぼ平行光に変換され、アパーチャ 58 によって直径約 4 mm の有効径 120 を持つ光ビームに規制される。さらに光ビームは、ハーフミラー 56 で光路を変更され、偏光ビームスプリッタ 50 を通過した後、液晶光学素子 90 に入射する。液晶光学素子 90 を通過した光ビームは、1/4 波長板 65 を通過して、対物レンズ 113 (開口率  $NA = 0.65$ ) により第 2 の光ディスク 708 のトラック面上に集光される。

第1の光ディスク707は、DVD等の高密度光ディスクであって、トラック面上に、厚さ0.6mmの透明性基板を有しており、片面で最高約4.75GBの容量を記憶することができる。第2の光ディスク708は、CD等の光ディスクであって、トラック面上に1.2mmの透明性基板を有しており、片面で約600MBの容量を記憶することができる。

第1の光ディスク707又は第2の光ディスク708から反射された光ビームは、再び対物レンズ113、1/4波長板55及び液晶光学素子90を経て、偏光ビームスプリッタ50により光路を変更されて、集光レンズ51を介して受光器52に集光される。光ビームは、第1の光ディスク707又は第2の光ディスク708により反射される際に、各光ディスクのトラック面上に記録されている情報（ピット）によって振幅変調され、受光器52により光強度信号として出力される。この光強度信号（RF信号）から記録情報が読み出される。

また、第1の光ディスク707又は第2の光ディスク708に書込みを行う場合には、書込みを行うためのデータ信号に応じて光源1又は101から出射された光ビームの強度を変調して、変調された光ビームによって光ディスクを照射する。光ディスクでは、光ビームの強度に応じて、薄膜の屈折率や色が変化し、又はピットの起状が生じることで、データが書き込まれる。なお、光ビームの強度変調は、光源1又は101に用いる半導体レーザ素子に流す電流を変調することによって行うことができる。

対物レンズ113には、トラッキング用のアクチュエータ7が取り付けられており、図中の矢印Aの方向に対物レンズ113を移動することによって、対物レンズによって集光される光ビームが、第1の光ディスク707又は第2の光ディスク708のトラックに正確

に追従される。アクチュエータ 7 には、駆動のための配線 8 が取付けされている。

液晶光学素子 9 0 は、後述するように、コマ収差補正用の透明電極パターン及び球面収差補正用の透明電極パターンを有している。

制御回路 5 5 3 は、受光器 5 2 により出力される光強度信号（R F 信号）に基づいて、第 1 の光ディスク 7 0 7 の傾きによって生じるコマ収差を検出する。また、制御回路 5 5 3 は、検出されたコマ収差に応じた電圧をコマ収差補正用の透明電極パターンに印加して、第 1 の光ディスク 7 0 7 の読出し又は書込み動作中に発生するコマ収差を相殺するように補正を行う。なお、制御回路 5 5 3 は、第 1 の光ディスク 7 0 7 の読出し又は書込み動作中には、球面収差補正用の透明電極パターンに基準電圧を印加して、液晶光学素子 9 0 が動作させないように維持する。

また、制御回路 5 5 3 は、第 1 の光ディスク 7 0 7 から第 2 の光ディスク 7 0 8 へ切換える際の切換信号（不図示）に応じて制御を切換える。具体的には、制御回路 5 5 3 は、第 2 の光ディスク 7 0 8 の読出し又は書込み動作中、液晶光学素子 9 0 の球面収差補正用の透明電極パターンに電圧を印加して、発生する球面収差を相殺するように補正を行う。また、制御回路 5 5 3 は、第 2 の光ディスク 7 0 8 の読出し又は書込み動作中には、コマ収差補正用の透明電極パターンに基準電圧を印加して、液晶光学素子 9 0 を動作させないように維持する。

図 1 8 に、液晶光学素子 9 0 の断面図を示す。図 1 8 の矢印は、第 1 の光源 1 又は第 2 の光源 1 0 1 から射出された光ビームが入射する方向を示している。図 1 8 において、光源側の透明基板 9 1 には、コマ収差補正用の透明電極 9 2 及び配向膜 9 3 が形成されている。また、光ディスク側の透明基板 9 7 には、球面収差補正用の透

明電極 9 6 及び配向膜 9 5 が形成されている。液晶 9 8 は、2 枚の透明基板 9 1 及び 9 7 と、シール部材 9 4 との間に封入されている。図 1 8 に示される各要素は、説明の便宜上、誇張して図示されており、実際の厚さの比と異なる。図 1 1 との差異は、透明電極 9 2 及び 9 6 が、図 1 1 とは異なるコマ収差補正用の透明電極パターン及び球面収差補正用の透明電極パターンをそれぞれ有する点である。

図 1 9 A に、液晶光学素子 1 5 0 におけるコマ収差補正用の透明電極パターン 3 6 0 の一例を示す。図 1 9 A に示されるように、液晶光学素子 9 0 に入射される光ビームの有効径 1 1 0 から  $80\ \mu\text{m}$  内側に入った内側領域 1 8 0 に、位相を進ませるための 2 つの領域 3 2 及び 3 3、及び位相を遅らせるための 2 つの領域 3 4 及び 3 5 が配置されている。また、図中 3 1 は、基準電位を印加するための領域である。

領域 3 2 及び 3 3 に、基準電位に対して正（+）の電圧を印加すると、対向する透明電極 9 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。なお、コマ収差補正用の透明電極パターン 3 6 0 を利用する場合には、球面収差補正用の透明電極パターン 4 5 0 には、基準電圧を印加しておく。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。また、領域 3 4 及び 3 5 に、基準電位に対して負（-）の電圧を印加すると、対向する透明電極 9 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域 3 1 には、基準電位（例えばこの場合は 0 V と考える）が印加される。コマ収差補正用の電極パターン 3 6 0 へは、制御回路 5 5 3 から配線 5 4（図 1 7 参照）によって電圧が印加されてい

る。

図 1 9 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧 1 2 7 を示す。このような電圧が内側領域 1 8 0 の各領域 3 1 ~ 3 5 に印加されることによって、液晶光学素子 9 0 は、第 1 の光ディスク 7 0 7 が光軸に対して傾くことによって発生するコマ収差 2 0 を打ち消すように働く。

図 1 9 C に、補正後のコマ収差 1 2 8 を示す。即ち、図 1 9 B のコマ収差 1 2 7 が、図 1 9 C のコマ収差 1 2 8 のように補正されている。液晶光学素子 9 0 によって、第 1 の光ディスク 7 0 7 の基板内に発生するコマ収差が抑制されるように補正されることが理解される。

図 2 0 A に、液晶光学素子 9 0 において、図 1 9 A に示すコマ収差補正用の透明電極パターン 3 6 0 と対をなす球面収差補正用の透明電極パターン 4 5 0 の一例を示す。図 2 0 A に示されるように、液晶光学素子 9 0 に入射される光ビームの有効径 1 2 0 から 7 0  $\mu$  m 内側に入った内側領域 1 9 0 に、位相を進ませるための 6 つの領域 4 2 ~ 4 7 が同心円状に配置されている。なお、領域 4 1 には基準電位が印加されており、入射ビームの位相を進ませる機能を有してはいない。

領域 4 2 ~ 4 7 に、基準電位に対して正 (+) の電圧を印加すると、対向する透明電極 9 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。なお、球面収差補正用の透明電極パターン 4 5 0 を利用する場合には、コマ収差補正用の透明電極パターン 3 6 0 全体に、基準電圧を印加しておく。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。領域 4 1 には、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）が印加される。球面収差補正用の電極パターン 4 5 0 へは、前述

した制御回路 5 5 3 から配線 5 4（図 1 7 参照）によって電圧が印加されている。

図 2 0 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧波形 2 1 0 を示す。このような電圧が内側領域 1 9 0 の各領域 4 1 ～ 4 7 に印加されることによって、液晶光学素子 9 0 は、第 2 の光ディスク 7 0 8 の基板内に発生する球面収差 2 0 1 を打ち消すように働く。

図 2 0 C に、補正後の球面収差 2 1 1 を示す。即ち、図 2 0 B の球面収差 2 1 0 が、図 2 0 C の球面収差 2 1 1 のように補正されている。液晶光学素子 9 0 によって、第 2 の光ディスク 7 0 8 の基板内に発生する球面収差が抑制されるように補正されることが理解される。

図 2 1 A に、本実施形態における他のコマ収差補正用の透明電極パターン 3 7 0 の一例を示す。図 2 1 A では、液晶光学素子 9 0 に入射される光ビームの有効径 1 1 0 から内側 5 0 0  $\mu$ m の内側領域 1 8 0 に、位相を進ませるための 2 つの領域 3 2 及び 3 3、及び位相を遅らせるための 2 つの領域 3 4 及び 3 5 を有している。また、図中 3 1 は、基準電位を印加するための領域である。

領域 3 2 及び 3 3 に、基準電位に対して正（+）の電圧を印加すると、対向する透明電極 9 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。また、領域 3 4 及び 3 5 に、基準電位に対して負（-）の電圧を印加すると、対向する透明電極 9 6 との間に電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を遅らせるような作用を受ける。領域 3 1 には、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）が印加される。透明電極パターン 3 7 0 へは、前述した制御回路 5 5 3 から配線

5 4（図 1 7 参照）によって電圧が印加されている。

図 2 1 B に、X 軸上において各領域に印加される電圧波形 1 2 9 を示す。このような電圧が各領域 3 1 ～ 3 5 に印加されることによって、液晶光学素子 9 0 は、第 1 の光ディスク 7 0 7 が光軸に対して傾くことによって発生するコマ収差 2 0 を打ち消すように働く。

図 2 1 C に、補正後のコマ収差 1 3 0 を示す。即ち、図 2 1 B のコマ収差 1 2 9 が、図 2 1 C のコマ収差 1 3 0 のように補正されている。液晶光学素子 9 0 によって、第 1 の光ディスク 7 0 7 の基板内に発生するコマ収差が抑制されるように補正されることが理解される。

図 2 2 A に、本実施形態における他の球面収差補正用の透明電極パターン 4 6 0 の一例を示す。これは、図 2 1 A に示すコマ収差補正用の透明電極パターン 3 7 0 と対をなすものである。図 2 2 A では、液晶光学素子 9 0 に入射される光ビームの有効径 1 2 0 から内側 4 0 0  $\mu\text{m}$  の内側領域 1 9 0 に、位相を進ませるための領域 4 2 ～ 4 5 を有している。また、領域 4 1 は、基準電位（例えばこの場合は 0 v と考える）を印加するための領域である。

領域 4 2 ～ 4 5 に、基準電位に対して正（+）の各電圧を印加すると、対向する透明電極 4 2 との間に各電位差を生じ、その間の液晶の配向性が電位差に応じて変化する。したがって、この部分を通過する光ビームは、その位相を進められるような作用を受ける。透明電極パターン 4 6 0 へは、前述した制御回路 5 5 3 から配線 5 4（図 1 7 参照）によって電圧が印加されている。

図 2 2 B に、X 軸上（瞳座標）において各領域に印加される電圧 2 1 2 を示す。このような電圧が透明電極パターン 4 6 0 の領域 4 1 ～ 4 5 に印加されることによって、液晶光学素子 9 0 は、第 2 の光ディスク 7 0 8 の基板中に発生する球面収差 2 1 を打ち消すよう

に働く。

図 2 2 C に、補正後の球面収差 2 1 3 を示す。即ち、図 2 2 B の球面収差 2 1 が、図 2 2 C の球面収差 2 1 3 のように補正されている。液晶光学素子 9 0 によって、第 2 の光ディスクの基板内に発生する球面収差が抑制されるように補正されることが理解される。

図 2 0 A 及び図 2 2 A の説明では、球面収差補正用の透明電極パターン 4 5 0 及び 4 6 0 の各領域に、基準電位に対して正（+）の電圧を印加して、この部分を通過する光ビームをその位相を進めるように制御した。しかしながら、第 2 の光ディスク 7 0 8 の基板中に発生する球面収差が図 2 0 B 及び図 2 2 B とは逆向きに発生する場合には、電極パターン 4 5 0 及び 4 6 0 の各領域に、図 2 0 B 及び図 2 2 B とは逆の負（-）の電圧を印加するように制御することもできる。その場合、電極パターン 4 5 0 及び 4 6 0 の各領域を通過する光ビームは、その位相を遅らされるような作用を受ける。

ここで、補正後のコマ収差（残存コマ収差）及び球面収差（残存球面収差）は、前述したように、（レイリーの 4 分の 1 波長の法則により）光ビームの波長の  $1/4$  以下であることが好ましい。また、補正後のコマ収差及び球面収差は、前述したように、（マーシャルの評価により）光ビームの波長の  $1/14$  以下であることが好ましい。さらに、補正後のコマ収差及び球面収差は、前述したように、記録媒体が通常の DVD である場合には、（DVD 評価器における評価基準により） $33\text{ m}\lambda$  以下であることが好ましい。

ここで、図 2 5 A 又は 3 6 A に示すように、有効径 1 1 0 又は 1 2 0 の内側全体に渡って位相を進ませる領域又は位相を遅らせる領域が形成されている場合等と、図 1 9 A、図 2 0 A、図 2 1 A 又は図 2 2 A に示すように有効径 1 1 0 又は 1 2 0 の内側領域 1 8 0 又は 1 9 0 のみに位相を進ませる領域又は位相を遅らせる領域が形成



されている場合等との差異について説明する。

図 2 5 A 及び 3 6 A の場合の波面収差補正は、前述した図 5 A に示すように、その光ビームを液晶光学素子の有効径 1 1 0 又は 1 2 0 内の全ての領域で光ビームを捉え、波面収差補正（主としてコマ収差及び球面収差）を行うことに匹敵する。しかしながら、対物レンズ 1 1 3 がアクチュエータ 7 によって移動されると、この液晶光学素子の有効径が対物レンズの視野の範囲内からずれてしまい（図 5 B 参照）、効果的に波面収差補正を行うことができない。

これに対して、図 1 9 A、図 2 0 A、図 2 1 A 又は図 2 2 A に示す波面収差補正は、前述した図 6 A に示すように、有効径 1 1 0 又は 1 2 0 の内側領域の範囲内でのみで光ビームを捉えて、液晶光学素子の有効径に相当する内側領域によって補正を行うことに匹敵する。この場合に、対物レンズ 1 1 3 がアクチュエータ 7 によって移動されると、対物レンズの視野の中心は、内側領域の中心からはずれるが、依然、この内側領域は対物レンズの視野の範囲内に留まる（図 6 B 参照）。したがって、光軸の中心に内側領域を捉えている場合（図 6 A 参照）に比べると若干程度は落ちるが、十分に波面収差補正が行われることとなる。

有効径 1 1 0 又は 1 2 0 の範囲内全てに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域等を設けずに、有効径 1 1 0 又は 1 2 0 の内側領域 1 8 0 又は 1 9 0 のみに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域等を設けたので、対物レンズ 1 1 3 がトラッキングのためにアクチュエータ 7 によって移動してしまっても、有効に波面収差補正を行えるようになったものである。

即ち、アクチュエータ 7 によるレンズの移動に拘らず、実質的に、位相を進ませる（又は遅らせる）領域は対物レンズの視野の範囲内に留まるように設定されているので、有効に波面収差補正を行え

るようになったものである。

以下の表 3 に、第 1 の光ディスク 7 0 7 を用いる場合のコマ収差補正用の電極パターンを設ける内側領域及び対物レンズ 1 1 3 のトラッキングによる移動量（＝軸ずれ量）と、第 1 の光ディスク 7 0 7 からの反射光ビームに基づいて発生される光強度信号の劣化（主に信号のジッタ）との関係を示す。また、光強度信号の劣化は、A～D の 4 段階で示しており、A は最良の状態、B は良の状態、C は光強度信号として使用可能な状態、D は光強度信号として使用することができない状態を表している。なお、以下の表を作成するに際しては、有効径 1 1 0 から 0  $\mu\text{m}$ 、8 0  $\mu\text{m}$ 、1 0 0  $\mu\text{m}$ 、2 0 0  $\mu\text{m}$ 、3 0 0  $\mu\text{m}$ 、4 0 0  $\mu\text{m}$ 、5 0 0  $\mu\text{m}$  及び 6 0 0  $\mu\text{m}$  の内側領域のみに位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域を作成したコマ収差補正用の電極パターンを作成し、液晶光学素子と対物レンズ 1 1 3 との光軸を 0  $\mu\text{m}$ 、5 0  $\mu\text{m}$ 、1 0 0  $\mu\text{m}$ 、1 5 0  $\mu\text{m}$ 、2 0 0  $\mu\text{m}$  ずらして光強度信号のジッタ量を測定した。光学装置は、図 1 7 と同じ構成とし、有効径（ $\phi$ ）5 mm、対物レンズの開口数（NA）を 0.65 とした。

〔表 3〕

		軸ずれ量（ $\mu\text{m}$ ）				
		0	50	100	150	200
内側領域 （ $\mu\text{m}$ ）	0	A	C	D	D	D
	80	A	B	C	D	D
	100	B	B	B	C	D
	200	B	B	B	B	C
	300	B	B	B	B	B
	400	B	B	B	B	B
	500	B	B	B	C	C
	600	C	D	D	D	D

表から理解されるように、 $0\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ の軸ずれ量が発生しても有効径 $110$ から $80\ \mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域が設けられているコマ収差補正用の電極パターンでは、良好なコマ収差補正を行うことが可能となる。また、 $0\ \mu\text{m} \sim 150\ \mu\text{m}$ の軸ずれ量が発生しても有効径 $110$ から $100\ \mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が設けられているコマ収差補正用の電極パターンでは、良好なコマ収差補正を行うことが可能となる。さらに、 $0\ \mu\text{m} \sim 200\ \mu\text{m}$ の軸ずれ量が発生しても有効径 $110$ から $200\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が設けられているコマ収差補正用の電極パターンでは、良好なコマ収差補正を行うことが可能となる。良好なコマ収差補正の結果、光強度信号のジッタ量が抑制されて、光学装置として使用可能な状態となっている。なお、有効径から $80\ \mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた例は、図19Aに相当し、有効径から $500\ \mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた例は、図21Aに相当する。

これに対して、有効径から $0\ \mu\text{m}$ の内側領域にのみ（即ち、有効径 $10$ 全体に）位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた液晶光学素子（即ち、図25Aに示される液晶光学素子）では、軸ずれ量が $100\ \mu\text{m}$ 以上発生すると、適正な収差補正を行うことができない。その結果光強度信号のジッタ量が増加してしまう。

また、有効径から $600\ \mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設けた場合も、軸ずれ量が $50\ \mu\text{m}$ 以上発生すると、適正なコマ収差補正を行うことができず、その結果光強度信号のジッタ量が増加してしまう。これは、位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域が小さくなりすぎて、逆に適切な収差補正

が行えなくなっているものと考えられる。

このように、有効径から  $80\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませる領域及び位相を遅らせる領域を設けた液晶光学素子を用いることによって、対物レンズのトラッキングのための移動による軸ずれが発生しても、良好にコマ収差補正を行うことが可能となる。

なお、光学装置の仕様に応じて位相を進ませる領域と位相を遅らせる領域を設ける内側領域を設定することもできる。例えば、トラッキングによる軸ずれが  $100\ \mu\text{m}$  と予めわかっている場合には、有効径から  $80 \sim 100\ \mu\text{m}$  の内側領域を設定すれば良い。またトラッキングによる軸ズレが大きい場合には、その仕様に合わせて内側領域を設定すれば良い。

以下の表 4 に、球面収差補正用の電極パターンを設ける内側領域及び対物レンズ 113 のトラッキングによる移動量（＝軸ずれ量）と、第 2 の光ディスク 708 からの反射光ビームに基づいて発生される光強度信号の劣化（主に信号のジッタ）との関係を示す。また、光強度信号の劣化は、A～D の 4 段階で示しており、A は最良の状態、B は良の状態、C は光強度信号として使用可能な状態、D は光強度信号として使用することができない状態を表している。なお、以下の表を作成するに際しては、有効径  $120$  から  $0\ \mu\text{m}$ 、 $70\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 、 $300\ \mu\text{m}$ 、 $350\ \mu\text{m}$ 、 $400\ \mu\text{m}$  及び  $500\ \mu\text{m}$  の内側領域のみに位相を進ませる（又は位相を遅らせる）複数の領域を作成した球面収差補正用の電極パターンを作成し、液晶光学素子と対物レンズ 113 との光軸を  $0\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $150\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$  ずらして光強度信号のジッタ量を測定した。光学装置は、図 17 と同じ構成とし、有効径  $12\ (\phi)\ 4\ \text{mm}$ 、対物レンズの開口数（NA）を  $0.65$  とした

〔表 4〕

		軸ずれ量 ( $\mu\text{m}$ )				
		0	50	100	150	200
内側領域 ( $\mu\text{m}$ )	0	A	C	D	D	D
	70	A	B	C	D	D
	100	B	B	B	C	D
	200	B	B	B	B	C
	300	B	B	B	B	B
	350	B	B	B	B	B
	400	B	B	B	C	C
	500	C	D	D	D	D

表から理解されるように、 $0\mu\text{m}\sim100\mu\text{m}$ の軸ずれ量が発生しても有効径 $120$ から $70\mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる（又は位相を遅らせる）複数の領域が設けられている球面収差補正用の電極パターンでは、良好な球面収差補正を行うことが可能となった。また、 $0\mu\text{m}\sim150\mu\text{m}$ の軸ずれ量が発生しても有効径 $120$ から $100\mu\text{m}$ 内側領域にのみ位相を進ませる複数の領域が設けられている球面収差補正用の電極パターンでは、良好な球面収差補正を行うことが可能となった。さらに、 $0\mu\text{m}\sim200\mu\text{m}$ の軸ずれ量が発生しても、有効径 $120$ から $200\mu\text{m}\sim400\mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる複数の領域が設けられている球面収差補正用の電極パターンでは、良好な球面収差補正を行うことが可能となった。良好な球面収差補正の結果、光強度信号のジッタ量が抑制されて、光学装置として使用可能な状態となっている。なお、有効径 $120$ から $70\mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる複数領域を設けた例は、図20Aに相当し、有効径から $400\mu\text{m}$ の内側領域にのみ位相を進ませる複数領域を設けた例は、図22Aに相当

する。

このように球面収差補正用の電極パターンについては、有効径 120 から 70  $\mu\text{m}$  ~ 400  $\mu\text{m}$  の内側領域にのみ位相を進ませるための（又は位相を遅らせるための）複数の領域を設けることが好ましい。

なお、コマ収差補正用の透明電極パターンと球面収差補正用の透明電極パターンを、液晶光学素子 90 に入射する光ビームに対して、入れ替えても良い。

このように、本実施形態に係わる液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、コマ収差補正用の電極パターン及び球面収差補正用の電極パターンを、それぞれ内側領域のみに設けるように構成したので、トラッキングに拘わらず、簡単な構成で、良好なコマ収差及び球面収差補正を行うことが可能となった。

また、このように、本実施形態における液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、トラッキングによって対物レンズが移動しても、コマ収差及び球面収差補正に寄与する領域は実質的に対物レンズの視野の範囲内に留まるように設定されているので、良好に記録媒体の基板内に生じるコマ収差及び球面収差を補正することが可能となった。

さらに、本実施形態に係わる液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、球面収差補正用の液晶光学素子に対物レンズと一体的に構成しなくても良いので、アクチュエータに負担をかけず、簡単な構成で良好な球面収差補正と良好なトラッキングを行うことが可能となった。

さらに、本実施形態に係わる液晶光学素子及びそれを用いた光学装置では、液晶の一方の電極パターンを球面収差補正用とし、他方をコマ収差補正用とすることによって、前述した記録媒体の面倒れ

及び液晶光学素子の軸ずれ問題を解消した上に、さらに次世代の高密度DVD等の記録媒体及び複数のトラック面を有するDVD等の記録媒体を取扱うことが可能となった。

## 請 求 の 範 囲

1. 光源と、前記光源からの光ビームを前記記録媒体へ集光するための対物レンズと、前記対物レンズを前記対物レンズの軸ずれを補正するために移動させるトラッキング手段とを有する光学装置に用いられる液晶光学素子であって、

第1の透明基板と、

第2の透明基板と、

前記第1及び第2の透明基板の間に封入された液晶と、

前記光ビームの位相を進ませる又は遅らせるための領域であり、波面収差を補正するための電極パターンとを有し、

前記領域が、前記トラッキング手段によるトラッキングに拘らず、実質的に前記対物レンズの視野の範囲内の留まるように、前記対物レンズの視野に対して小さく形成されていることを特徴とする液晶光学素子。

2. 前記電極パターンは、コマ収差補正用の電極パターンであり、

前記領域は、前記光ビームの位相を進ませるための第1の領域及び前記光ビームの位相を遅らせるための第2の領域を有している請求項1に記載の液晶光学素子。

3. 前記電極パターンは、前記光ビームの位相を実質的に変更しない第3の領域を有する請求項2に記載の液晶光学素子。

4. 前記領域は、ただ一つの前記第1の領域及びただ一つの前記第2の領域を有する請求項2に記載の液晶光学素子。

5. 前記領域は、2箇所の前記第1の領域と及び2箇所の前記第2の領域を有する請求項2に記載の液晶光学素子。

6. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作し



ない場合に、前記対物レンズの視野に対して  $50\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$  内側に小さく形成されている請求項 2 に記載の液晶光学素子。

7. 前記第 1 及び第 2 の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $\lambda/4$  以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで  $\lambda$  は前記光ビームの波長である、請求項 2 に記載の液晶光学素子。

8. 前記第 1 及び第 2 の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $\lambda/14$  以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで  $\lambda$  は前記光ビームの波長である、請求項 2 に記載の液晶光学素子。

9. 前記第 1 及び第 2 の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $33\ \lambda\text{m}$  以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで  $\lambda$  は前記光ビームの波長である、請求項 2 に記載の液晶光学素子。

10. 前記電極パターンは、球面収差補正用の電極パターンであり、

前記領域は、前記光ビームの位相を進ませるための又は位相を遅らせるための複数の小領域を有している請求項 1 に記載の液晶光学素子。

11. 前記複数の小領域は、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記対物レンズの視野に対して  $50\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$  内側に小さく形成されている請求項 10 に記載の液晶光学素子。

12. 前記複数の小領域は、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $\lambda/4$  以下に

なるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項10に記載の液晶光学素子。

13. 前記複数の小領域は、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/14$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項10に記載の液晶光学素子。

14. 前記複数の小領域は、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記第1及び第2の領域が、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $33\lambda\text{ m}$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項10に記載の液晶光学素子。

15. 前記電極パターンは、第1又は第2の透明基板の一方の表面上に形成されたコマ収差補正用の電極パターン及び、第1又は第2の透明基板の他方の表面上に形成された球面収差補正用の電極パターン有する請求項2に記載の液晶光学素子。

16. 前記コマ収差補正用の電極パターンについての前記領域は、前記光ビームの位相を進ませるための第1の領域と前記光ビームの位相を遅らせるための第2の領域を有する請求項15に記載の液晶光学素子。

17. 前記コマ収差補正用の電極パターンは、前記光ビームの位相を実質的に変更しない第3の領域を有する請求項16に記載の液晶光学素子。

18. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記対物レンズの視野に対して $80\mu\text{ m} \sim 500\mu\text{ m}$ 内側に小さく形成されている請求項16に記載の液晶光学素子。

19. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/4$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項16に記載の液晶光学素子。

20. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/1.4$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項16に記載の液晶光学素子。

21. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $33\lambda\text{ m}$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項16に記載の液晶光学素子。

22. 前記球面収差補正用の電極パターンについての前記領域は、前記光ビームの位相を進ませるための又は前記光ビームの位相を遅らせるための複数の小領域を有する請求項15に記載の液晶光学素子。

23. 前記複数の小領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記対物レンズの視野に対して $70\mu\text{ m} \sim 400\mu\text{ m}$ 内側に小さく形成されている請求項22に記載の液晶光学素子。

24. 前記複数の小領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/4$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項22に記載の液晶光学素子。

25. 前記複数の小領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/14$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項22に記載の液晶光学素子。

26. 前記複数の小領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $33\lambda\text{m}$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項22に記載の液晶光学素子。

27. 前記コマ収差補正用の電極パターンは、DVD用に用いられる請求項22に記載の液晶光学素子。

28. 前記球面収差補正用の電極パターンは、CD用に用いられる請求項22に記載の液晶光学素子。

29. 前記対物レンズは、前記DVD用の対物レンズである請求項22に記載の液晶光学素子。

30. 記録媒体へ光ビームを集光するための光学装置であって、光源と、

前記光源からの光ビームを前記記録媒体へ集光するための対物レンズと、

前記対物レンズを前記対物レンズの軸ずれを補正するために移動させるトラッキング手段と、

前記対物レンズと別体に構成された液晶光学素子とを有し、

前記液晶光学素子は、

第1の透明基板と、

第2の透明基板と、

前記第1及び第2の透明基板の間に封入された液晶と、

前記光ビームの位相を進ませるため又は遅らせるための領域であり、波面収差を補正するための電極パターンとを含み、

前記領域が、前記トラッキング手段によるトラッキングに拘らず、実質的に前記対物レンズの視野の範囲内の留まるように、前記対物レンズの視野に対して小さく形成されていることを特徴とする光学装置。

31. 前記電極パターンは、コマ収差補正用の電極パターンであり、

前記領域は、前記光ビームの位相を進ませるための第1の領域及び前記光ビームの位相を遅らせるための第2の領域を有する請求項30に記載の光学装置。

32. 前記電極パターンは、前記光ビームの位相を実質的に変更しない第3の領域を有する請求項31に記載の光学装置。

33. 前記領域は、ただ一つの前記第1の領域及びただ一つの前記第2の領域を有する請求項31に記載の光学装置。

34. 前記領域は、2箇所の前記第1の領域と及び2箇所の前記第2の領域を有する請求項31に記載の光学装置。

35. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記対物レンズ視野に対して $50\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$ 内側に小さく形成されている請求項31に記載の光学装置。

36. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/4$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項31に記載の光学装置。

37. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/1$

4 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項 3 1 に記載の光学装置。

3 8 . 前記第 1 及び第 2 の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $3.3 \lambda$  m 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項 3 1 に記載の光学装置。

3 9 . 前記電極パターンは、球面収差補正用の電極パターンであり、

前記領域は、前記光ビームの位相を進ませるための又は位相を遅らせるための複数の小領域を有している請求項 3 0 に記載の光学装置。

4 0 . 前記複数の小領域は、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記対物レンズの視野に対して  $50 \mu\text{m} \sim 300 \mu\text{m}$  内側に小さく形成されている請求項 3 9 に記載の光学装置。

4 1 . 前記複数の小領域は、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $\lambda/4$  以下になるように、前記対物レンズの有効径の内側領域のみに小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項 3 9 に記載の光学装置。

4 2 . 前記複数の小領域は、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $\lambda/14$  以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項 3 9 に記載の光学装置。

4 3 . 前記複数の小領域は、前記トラッキング手段が動作しない

場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $33\lambda\text{ m}$  以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで  $\lambda$  は前記光ビームの波長である、請求項 39 に記載の光学装置。

44. さらに、発生する球面収差に応じて、前記球面収差補正用の電極パターンに電圧を印加する電圧印加手段を有する請求項 39 に記載の光学装置。

45. 前記記録媒体は複数のトラック面を有し、

さらに、前記複数のトラック面に応じて前記球面収差補正用の電極パターンを動作させる電圧印加手段を有する請求項 39 に記載の光学装置。

46. 前記電極パターンは、第 1 又は第 2 の透明基板の一方の表面上に形成されたコマ収差補正用の電極パターン及び、第 1 又は第 2 の透明基板の他方の表面上に形成された球面収差補正用の電極パターン有する請求項 30 に記載の光学装置。

47. 前記コマ収差補正用の電極パターンについての前記領域は、前記光ビームの位相を進ませるための第 1 の領域と前記光ビームの位相を遅らせるための第 2 の領域を有する請求項 46 に記載の光学装置。

48. 前記コマ収差補正用の電極パターンは、前記光ビームの位相を実質的に変更しない第 3 の領域を有する請求項 46 に記載の光学装置。

49. 前記第 1 及び第 2 の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記対物レンズの視野に対して  $80\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$  内側に小さく形成されている請求項 46 に記載の光学装置。

50. 前記第 1 及び第 2 の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $\lambda/4$

以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項46に記載の光学装置。

51. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/14$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項46に記載の光学装置。

52. 前記第1及び第2の領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $33\lambda\text{ m}$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項46に記載の光学装置。

53. 前記球面収差補正用の電極パターンについての前記領域は、前記光ビームの位相を進ませるための又は前記光ビームの位相を遅らせるための複数の小領域を有する請求項46に記載の光学装置。

54. 前記複数の小領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記対物レンズの視野に対して $70\mu\text{ m} \sim 400\mu\text{ m}$ 内側に小さく形成されている請求項53に記載の光学装置。

55. 前記複数の小領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/4$ 以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項53に記載の光学装置。

56. 前記複数の小領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が $\lambda/14$ 以下



になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項 53 に記載の光学装置。

57. 前記複数の小領域が、前記トラッキング手段が動作しない場合に、前記光ビームの収差補正後の残存コマ収差が  $33\lambda\text{ m}$  以下になるように、前記対物レンズの視野に対して内側に小さく形成されており、ここで $\lambda$ は前記光ビームの波長である、請求項 53 に記載の光学装置。

58. さらに、使用される前記記録媒体に応じて、前記コマ収差補正用の電極パターン又前記球面収差補正用の電極パターンの動作を切換えるための切換え手段を有する請求項 46 に記載の光学装置。

59. 前記コマ収差補正用の電極パターンは、DVD 用に用いられる請求項 58 に記載の光学装置。

60. 前記球面収差補正用の電極パターンは、CD 用に用いられる請求項 58 に記載の光学装置。

61. 前記対物レンズは、前記 DVD 用の対物レンズである請求項 58 に記載の光学装置。

Fig. 1

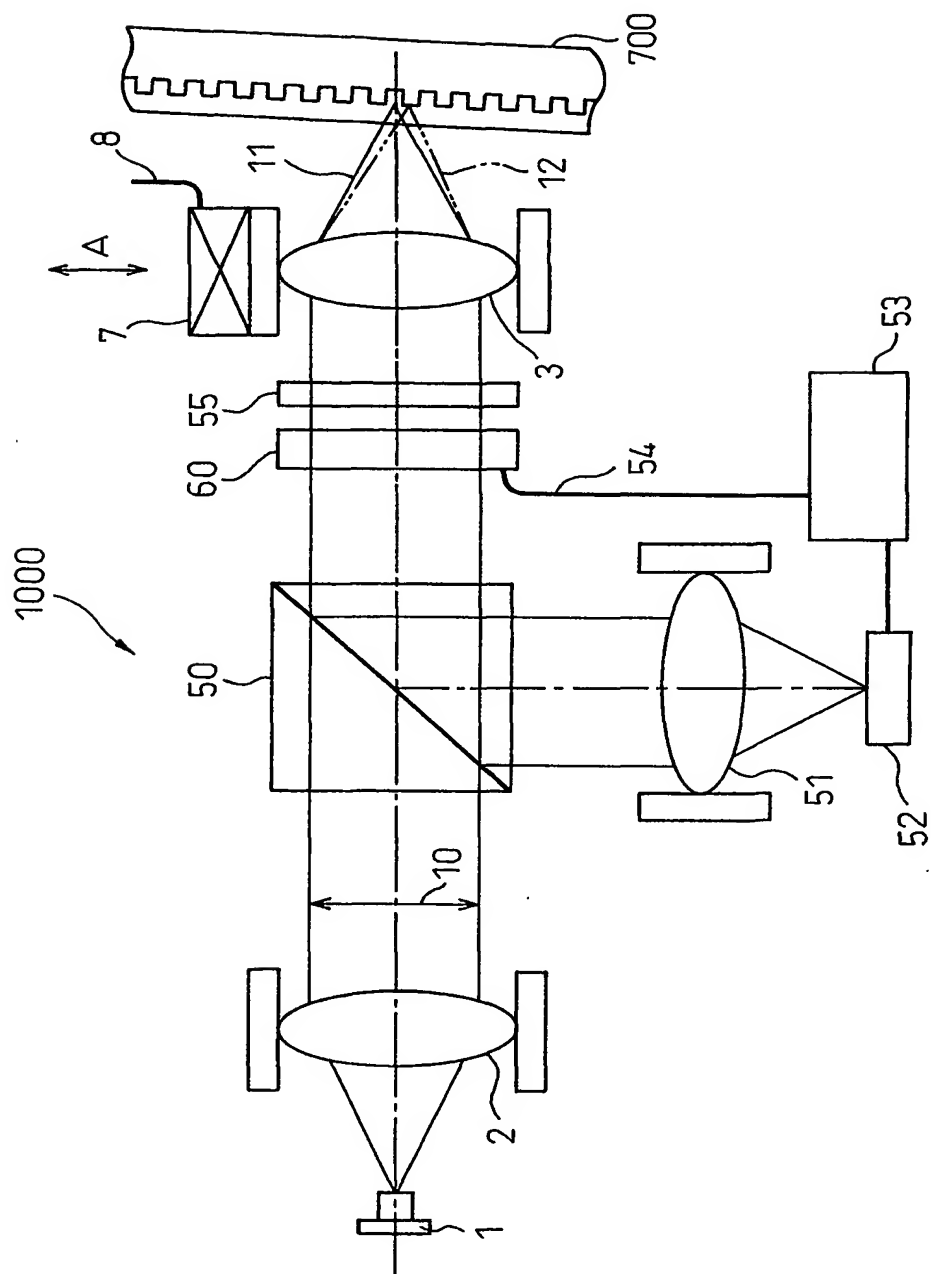


Fig.2

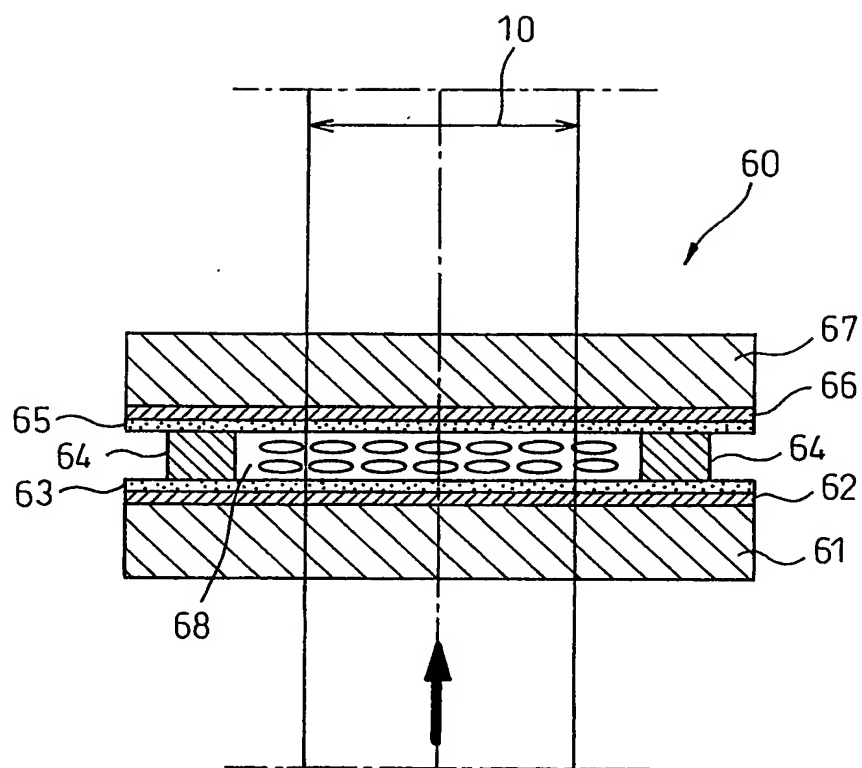


Fig.3A

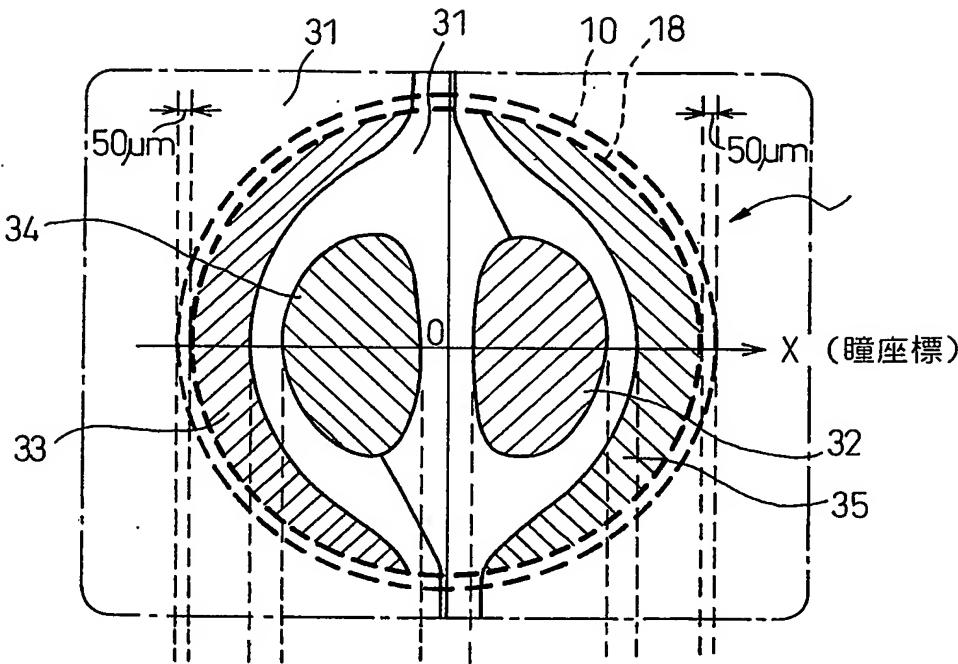


Fig.3B

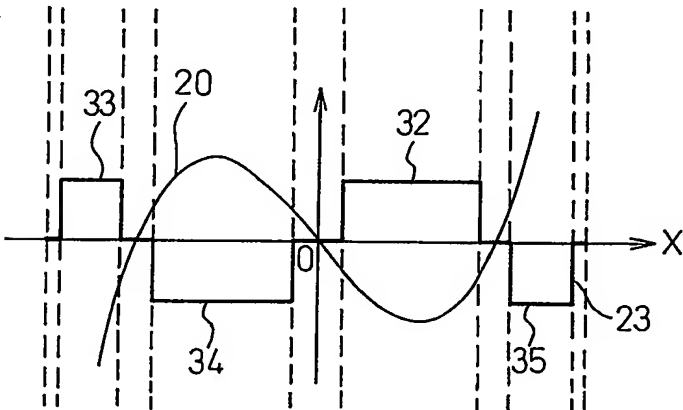


Fig.3C

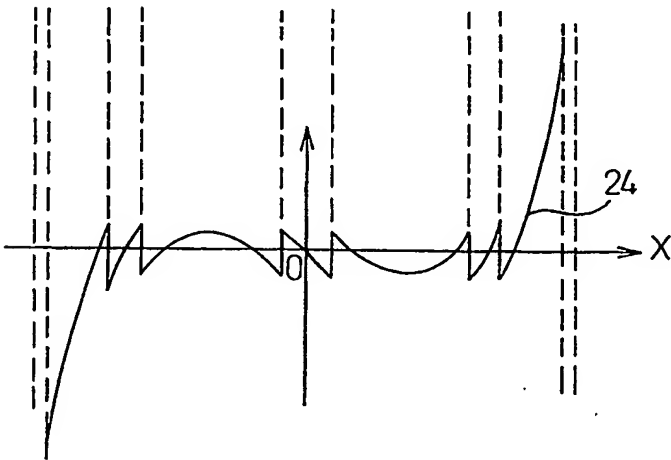


Fig.4A

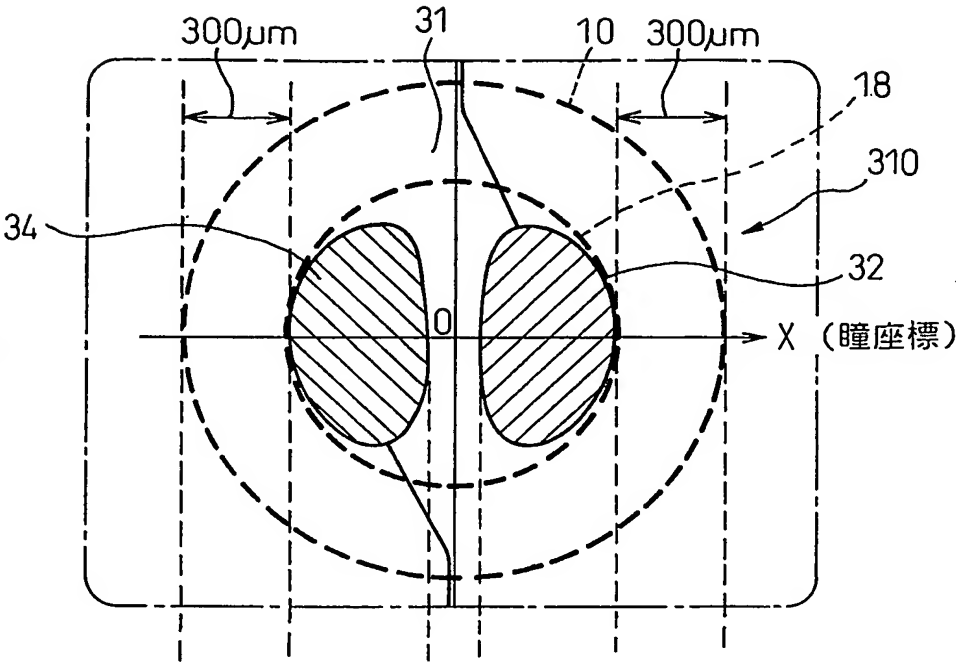


Fig.4B

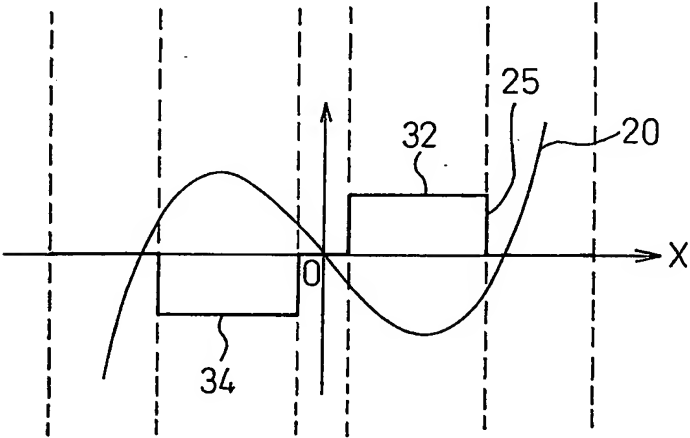


Fig.4C

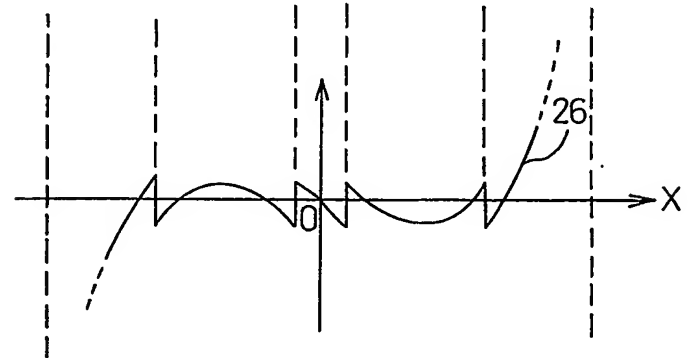


Fig.5A

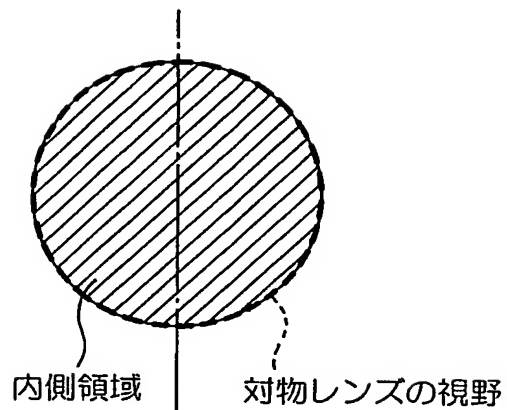


Fig.5B

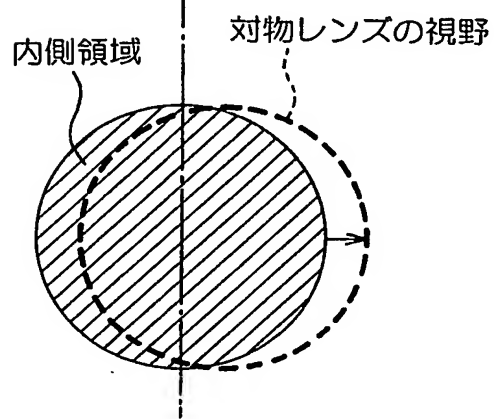


Fig.6A

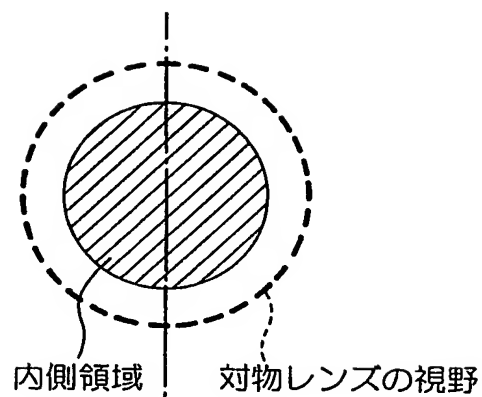


Fig.6B

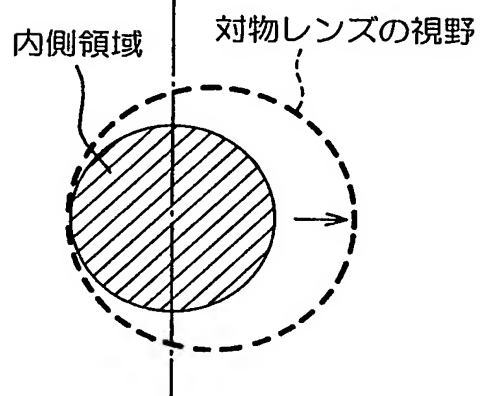


Fig.7A

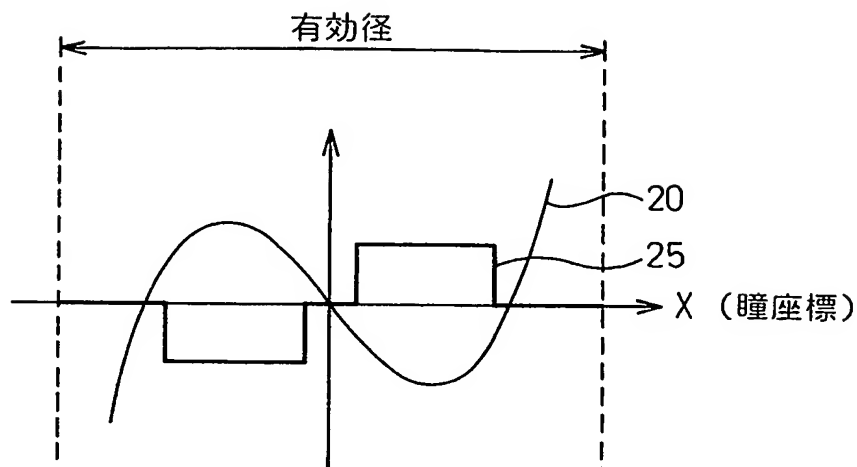


Fig.7B

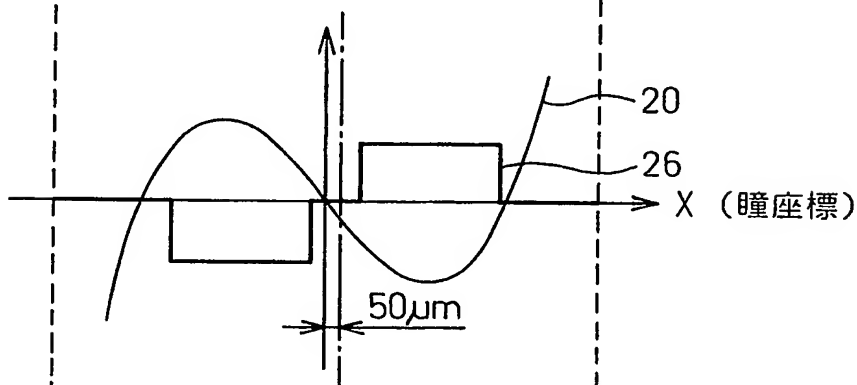


Fig.7C

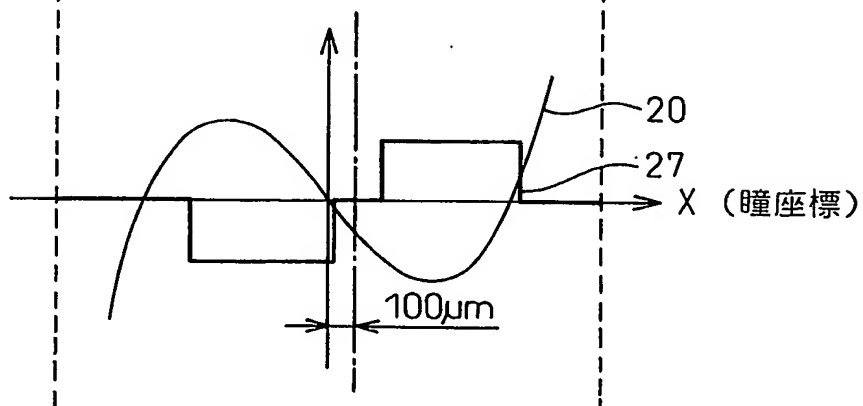




Fig.8A

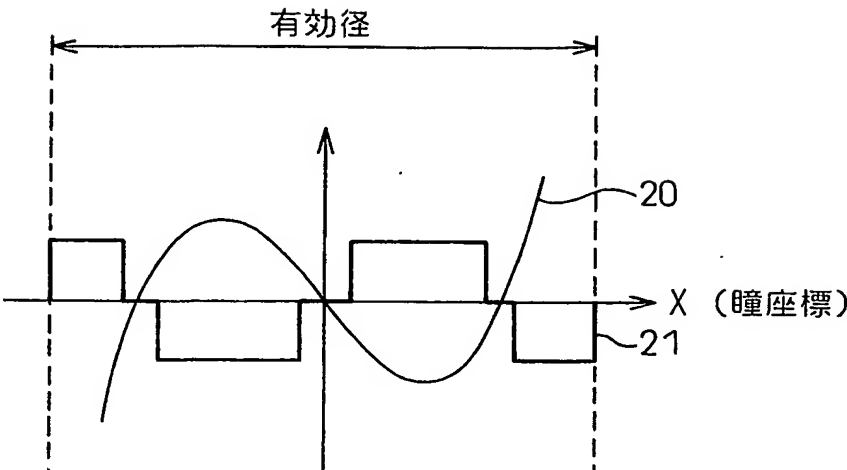


Fig.8B

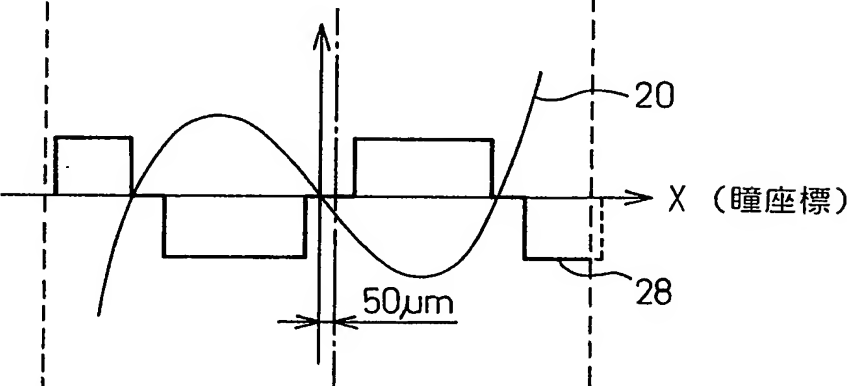
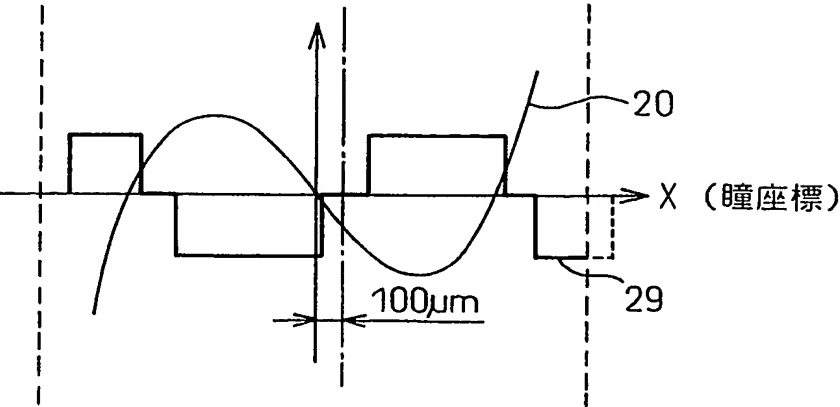


Fig.8C



உரு

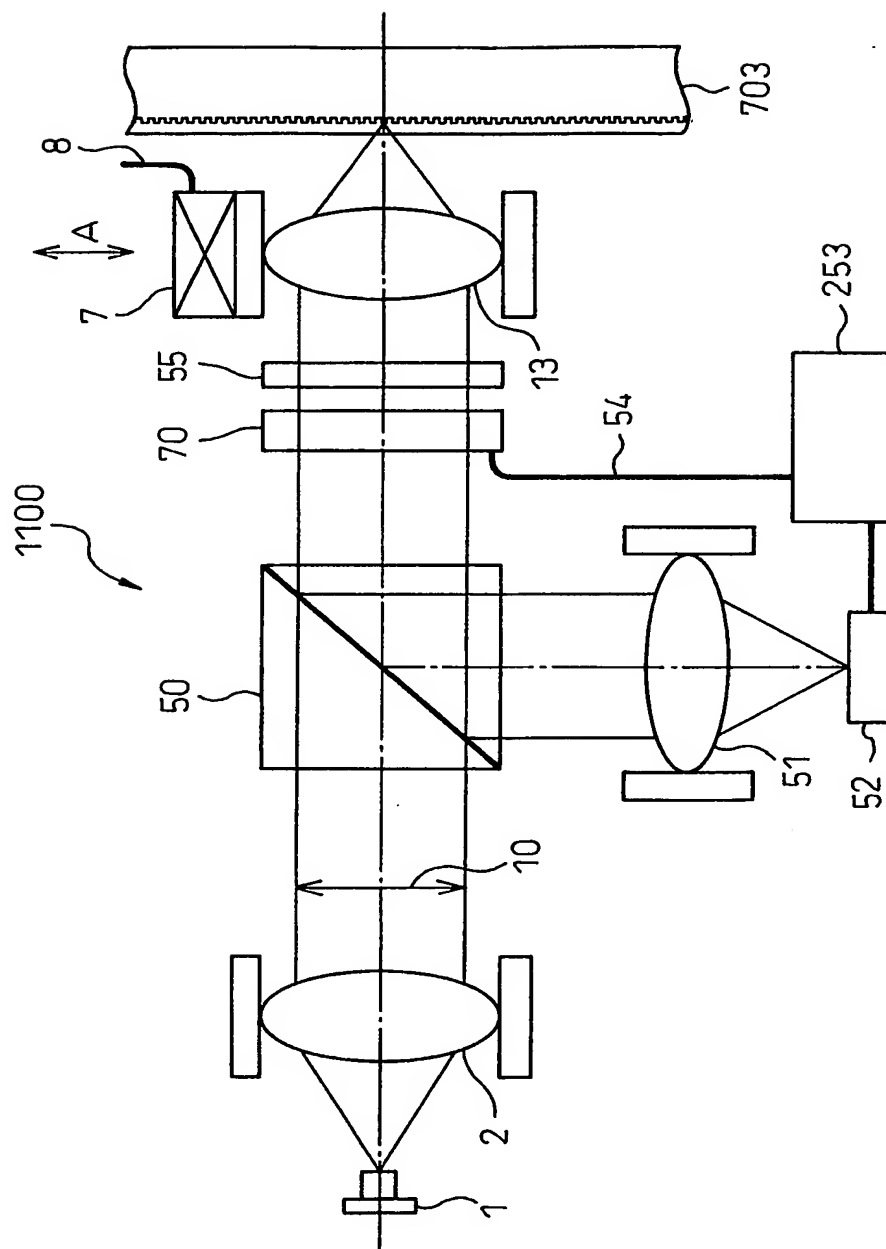


Fig.10

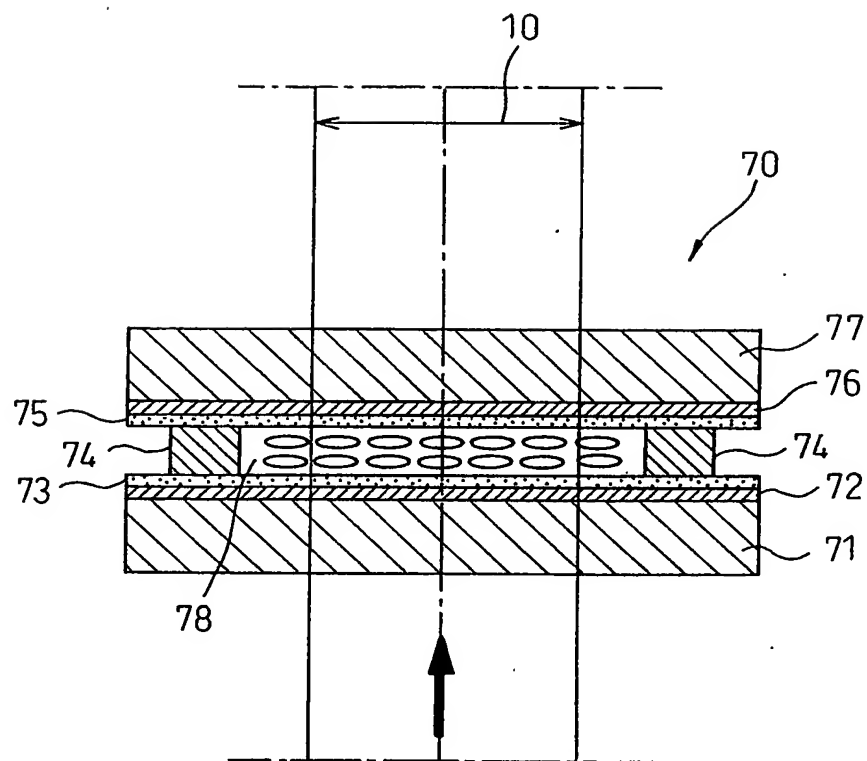


Fig.11A

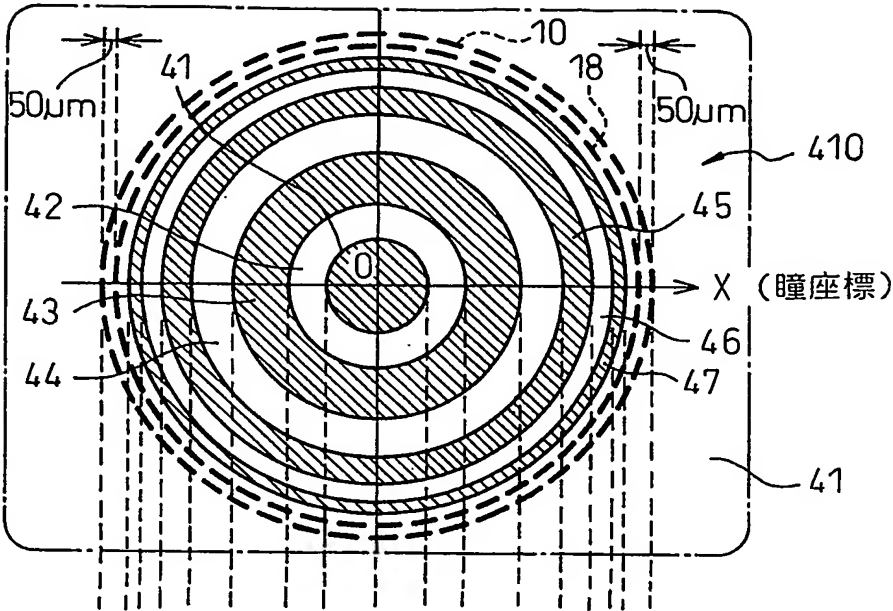


Fig.11B

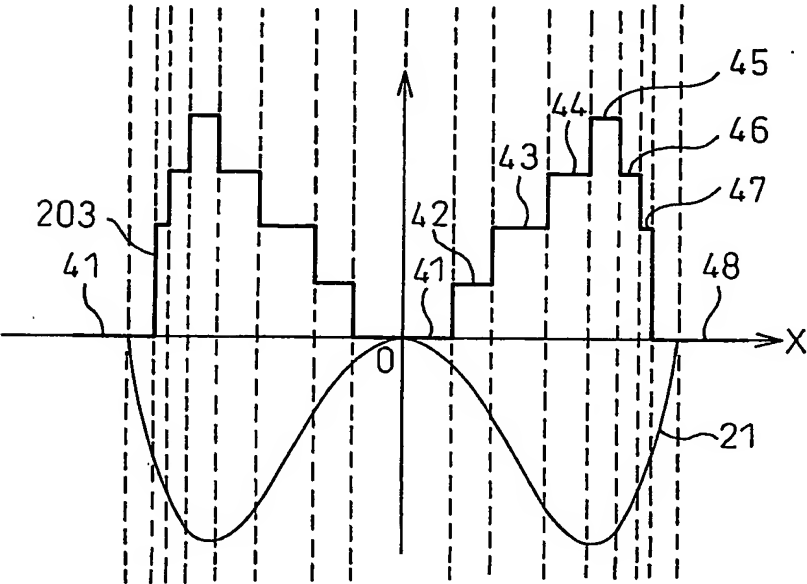


Fig.11C

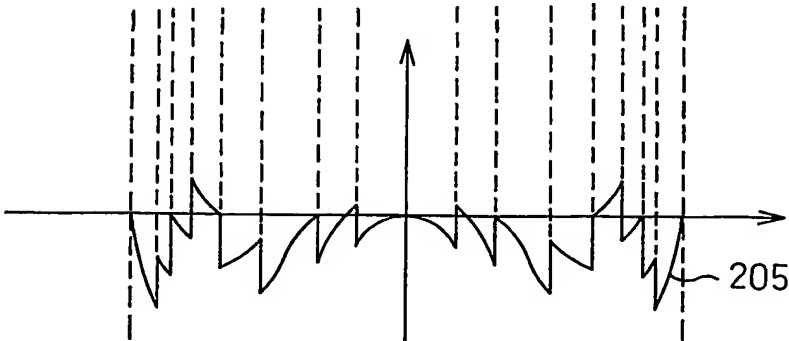


Fig.12A

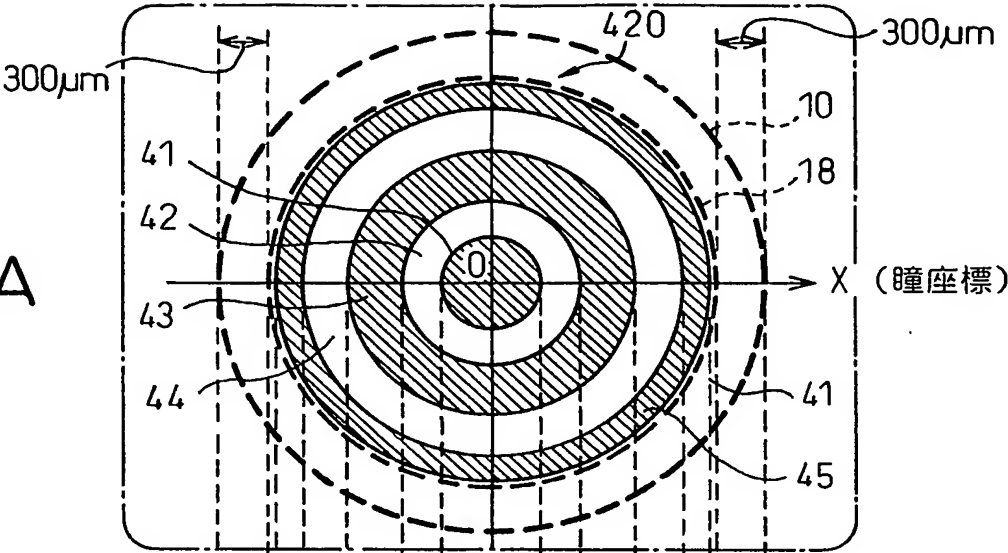


Fig.12B

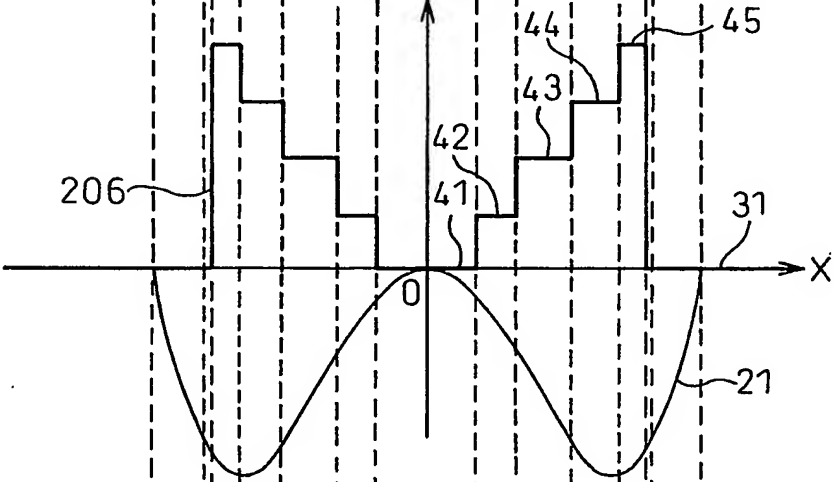


Fig.12C

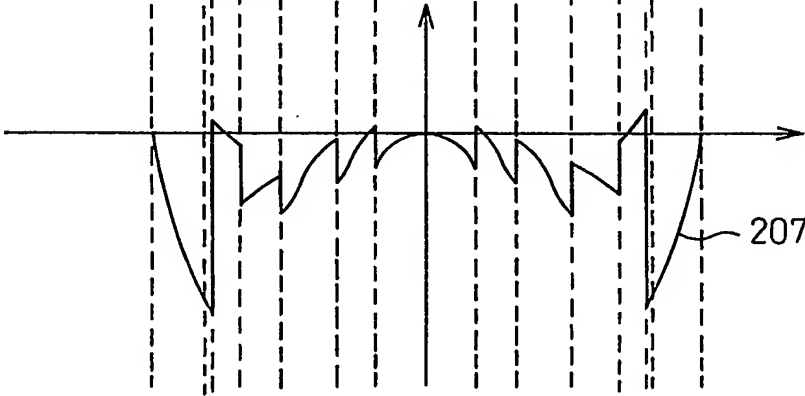


Fig.13

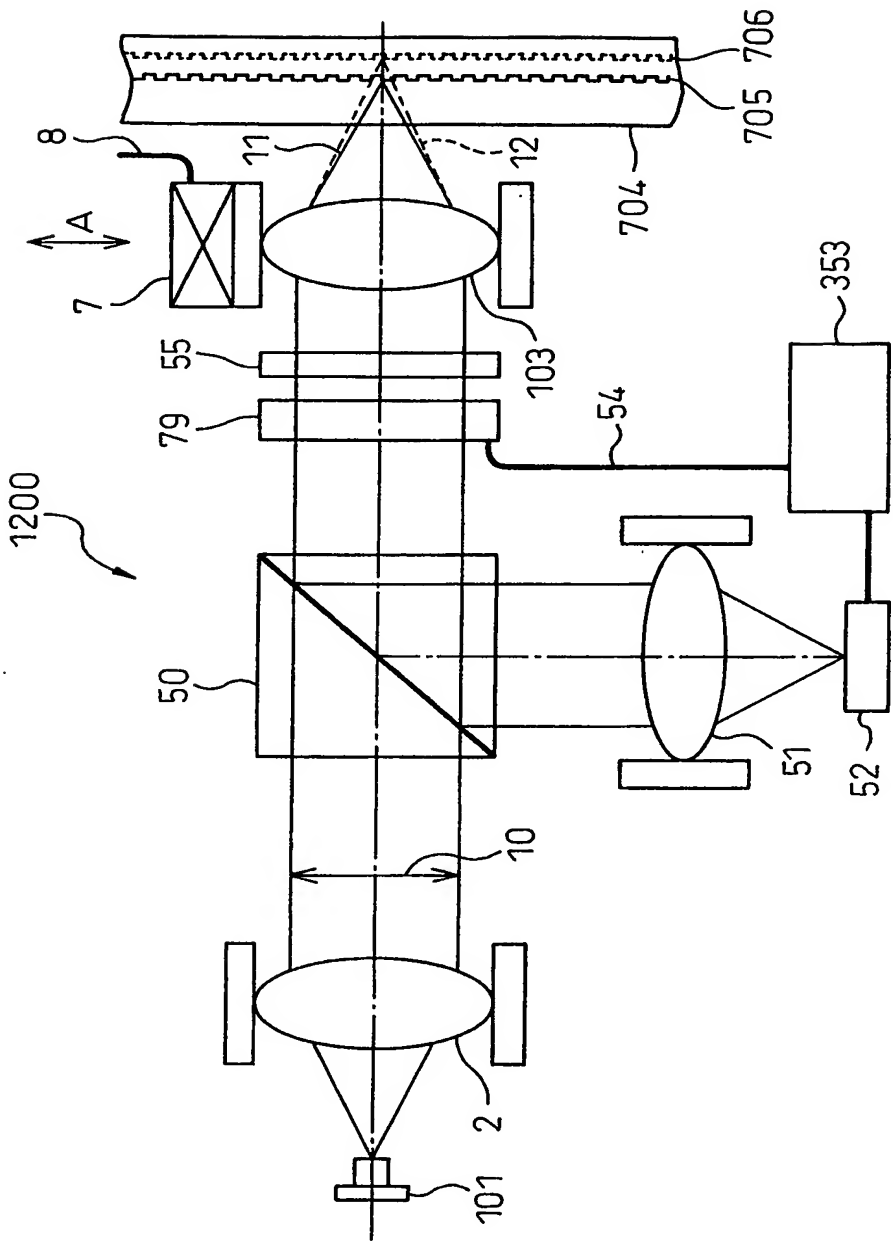


Fig.14A

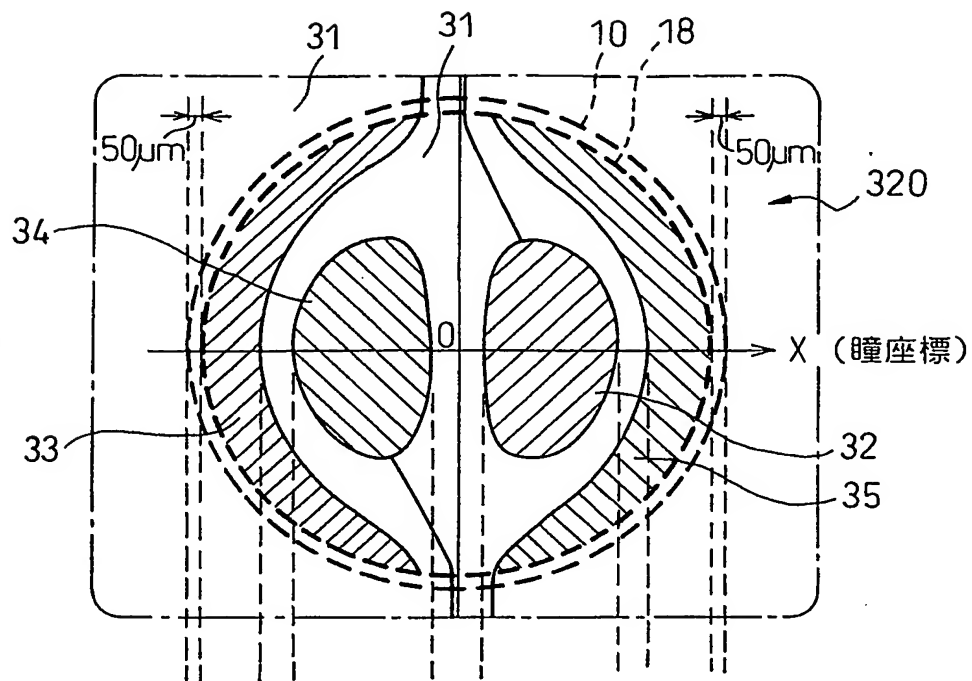


Fig.14B

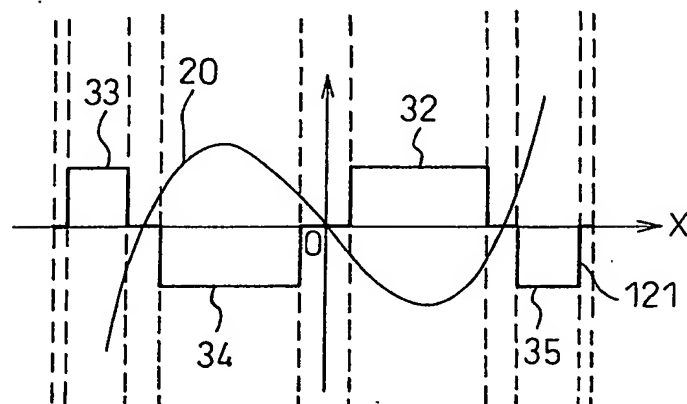


Fig.14C

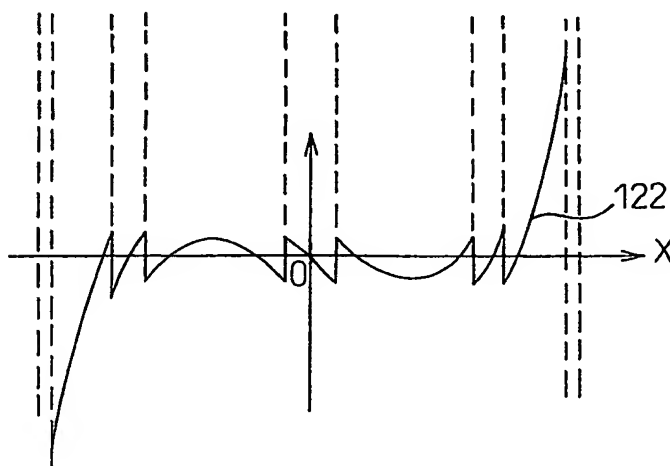


Fig.15A

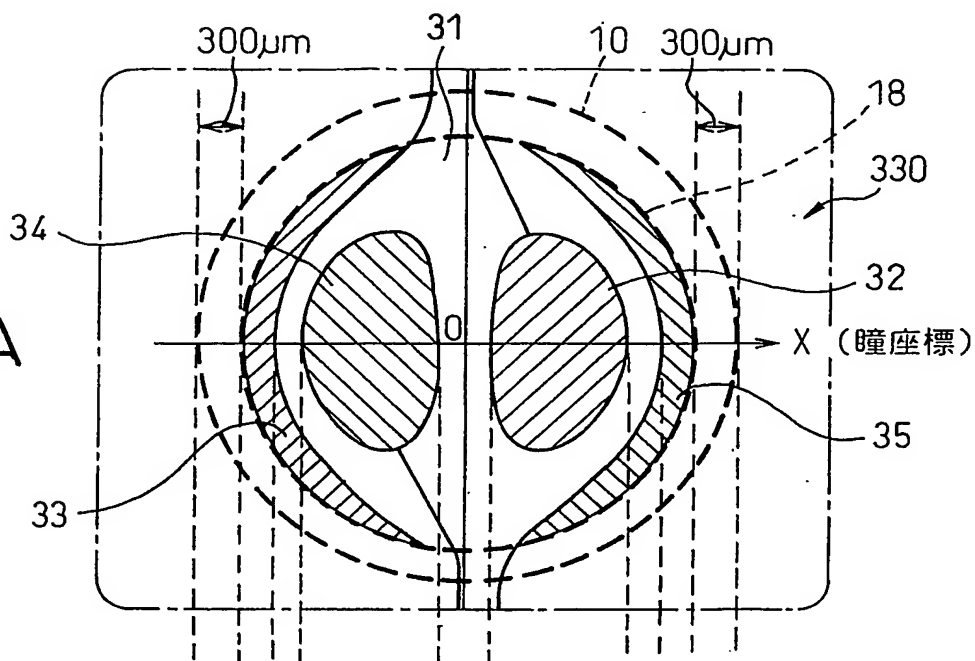


Fig.15B

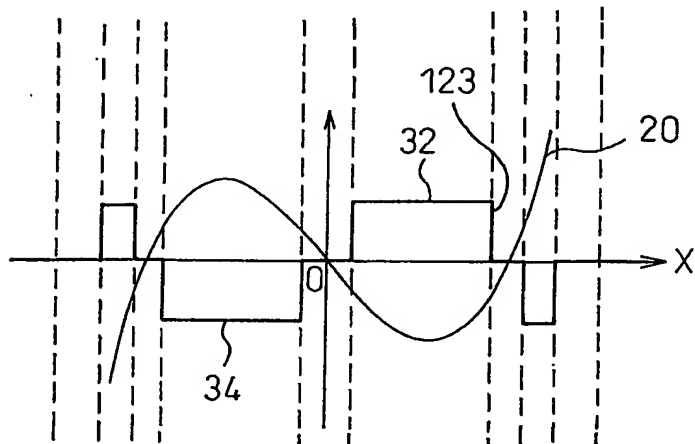


Fig.15C

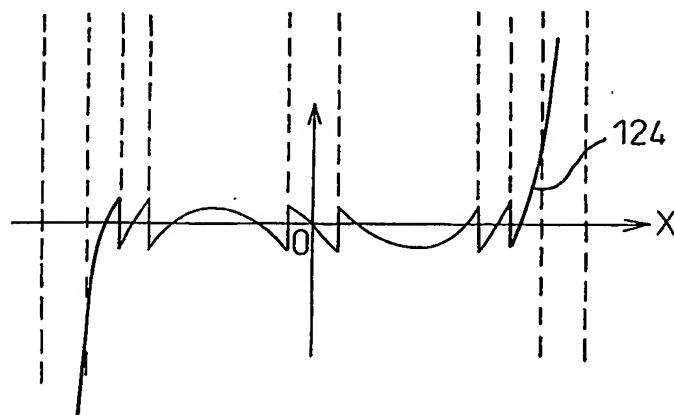




Fig.16A

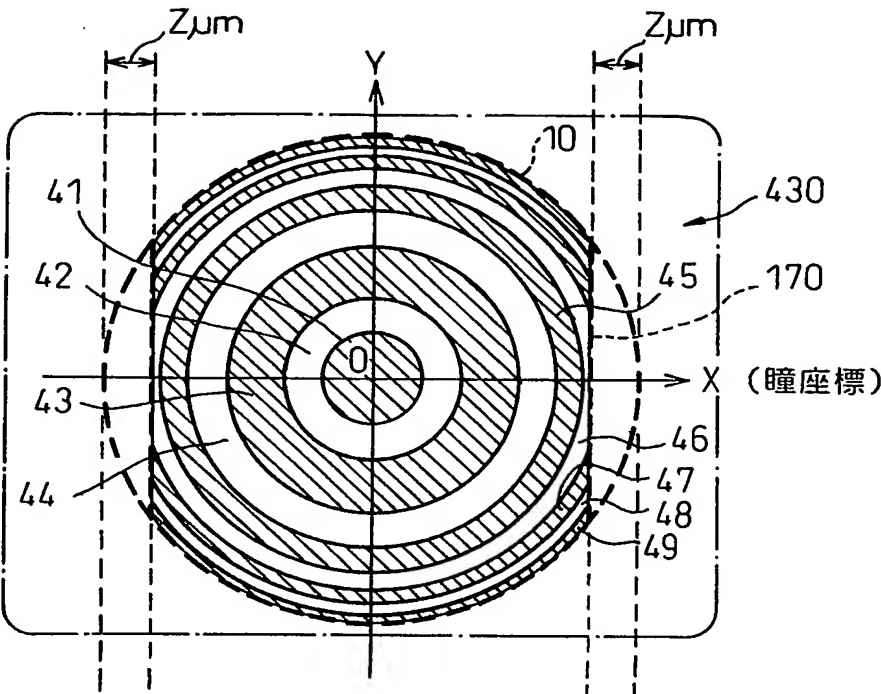


Fig.16B

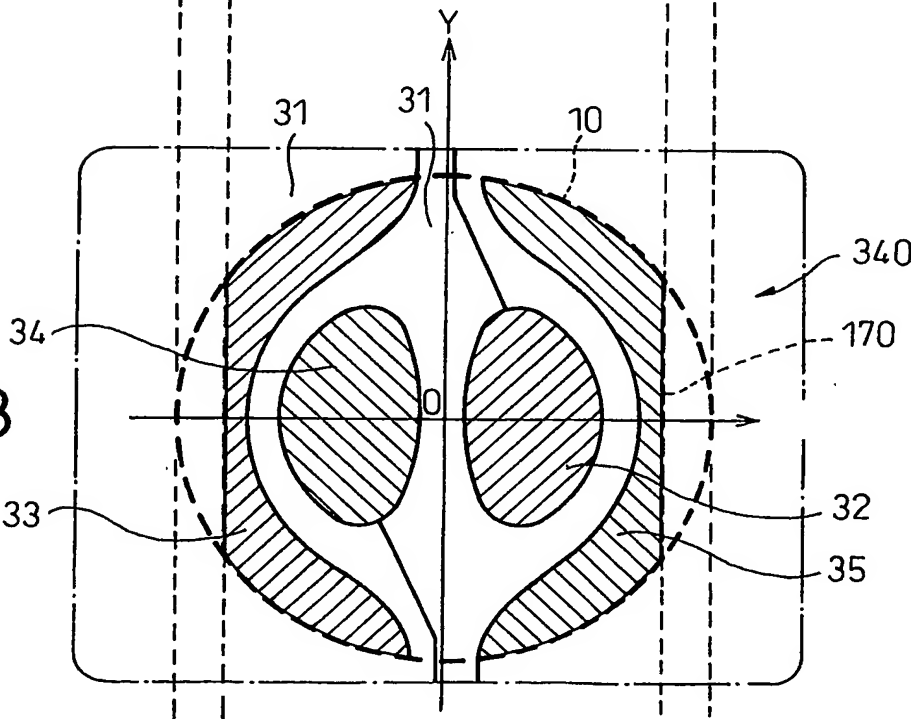


Fig. 17

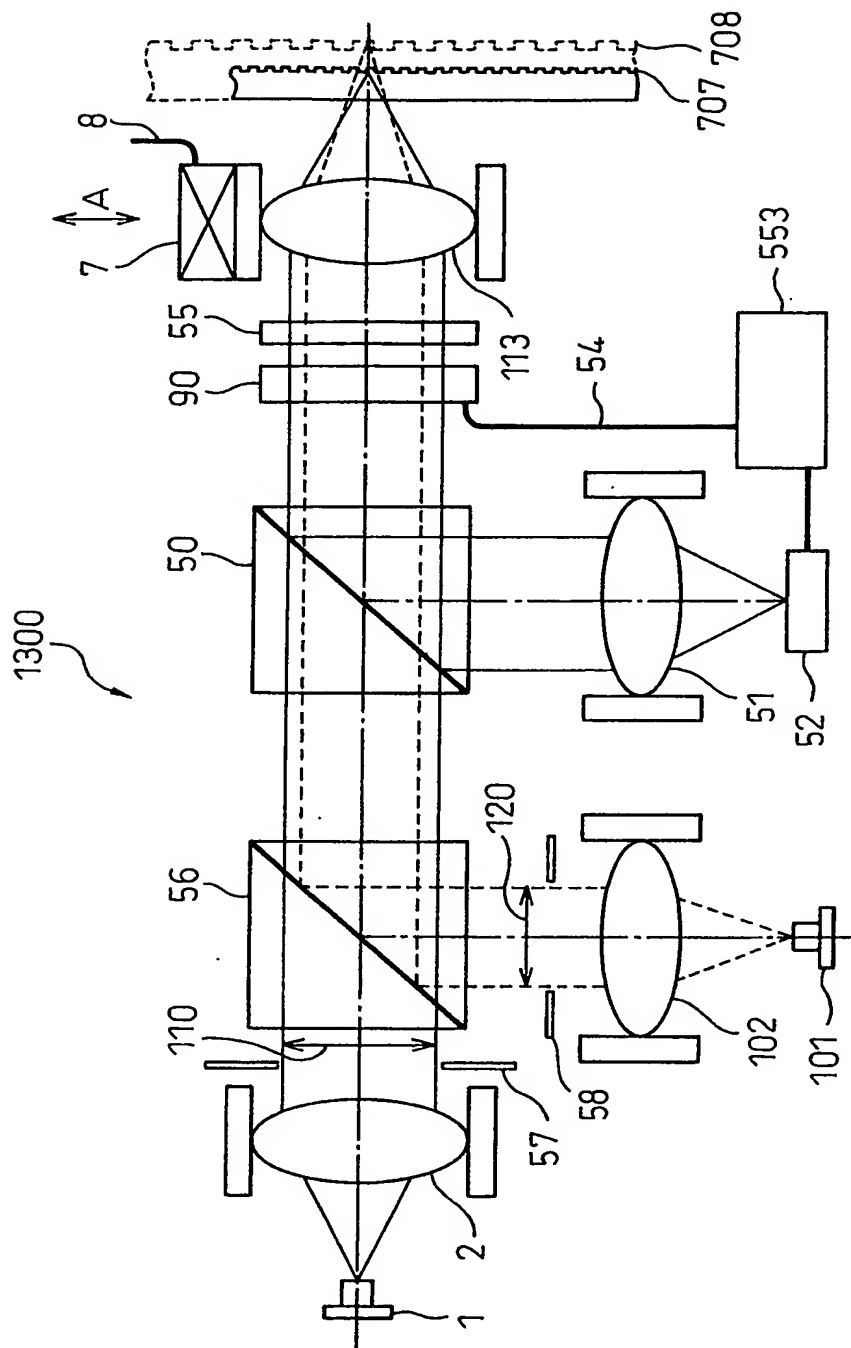


Fig.18

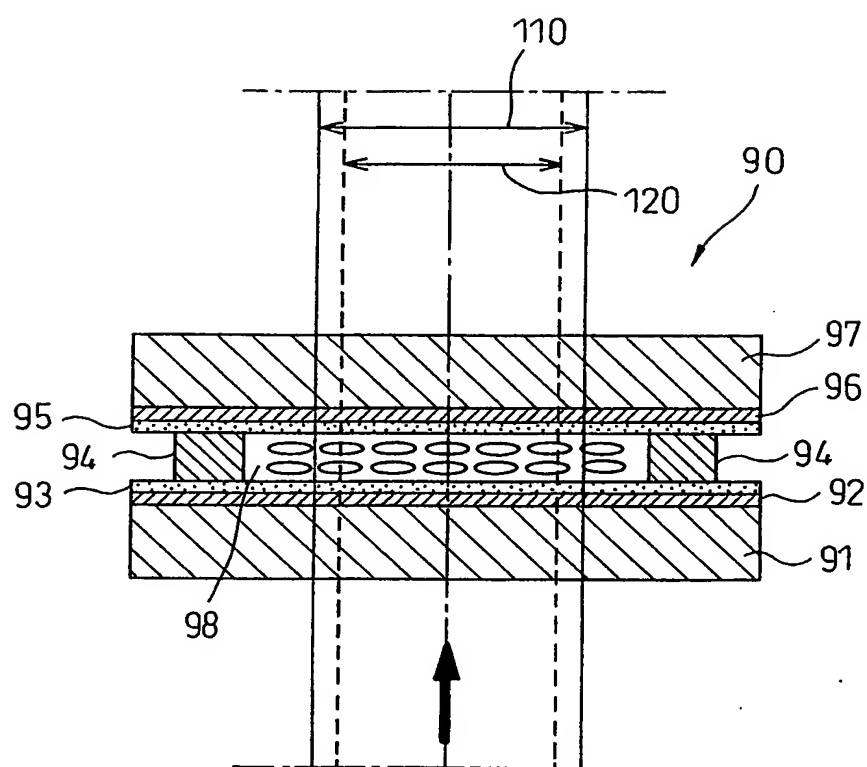


Fig.19A

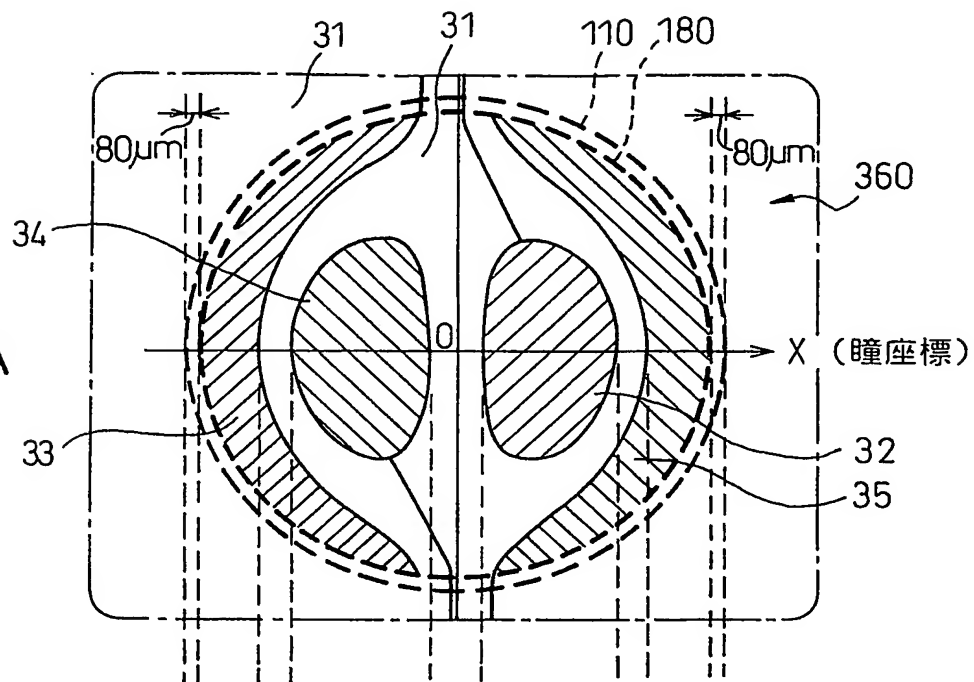


Fig.19B

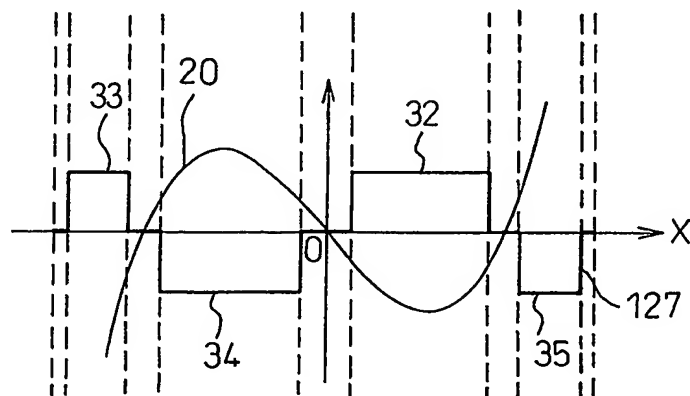


Fig.19C

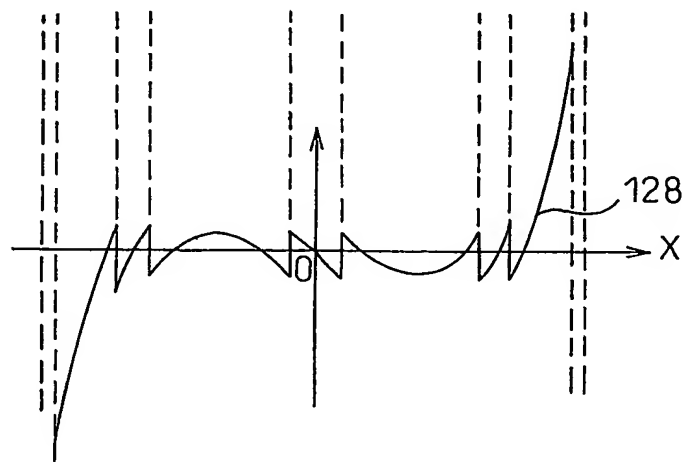


Fig.20A

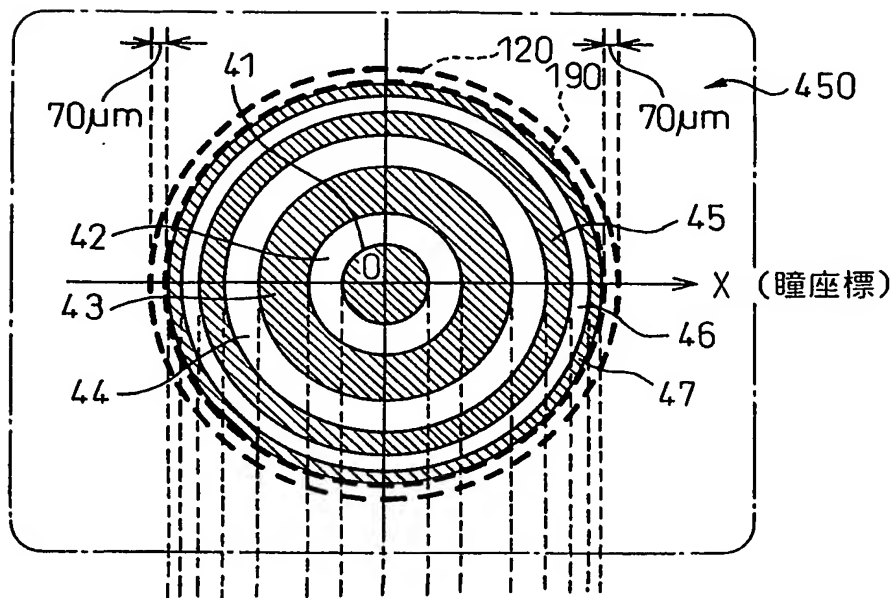


Fig.20B

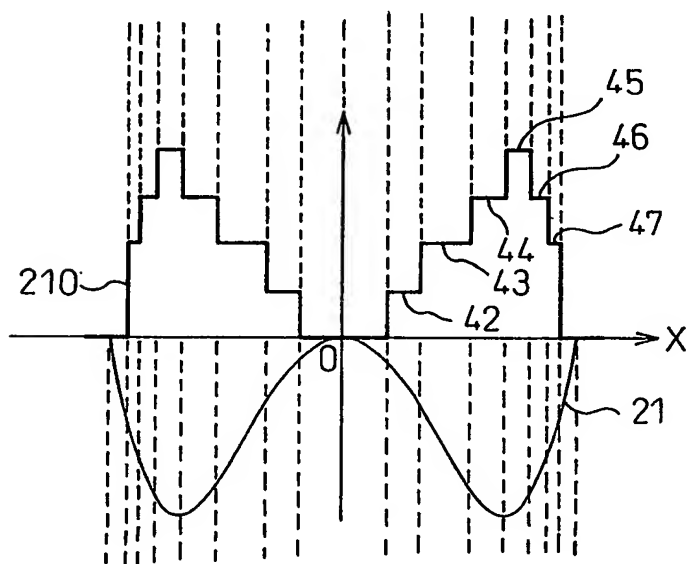
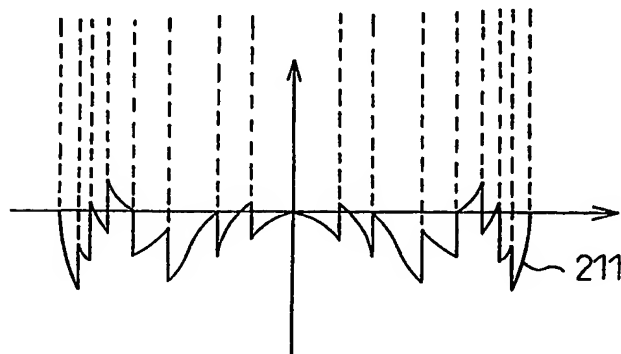


Fig.20C



20/30

Fig.21A

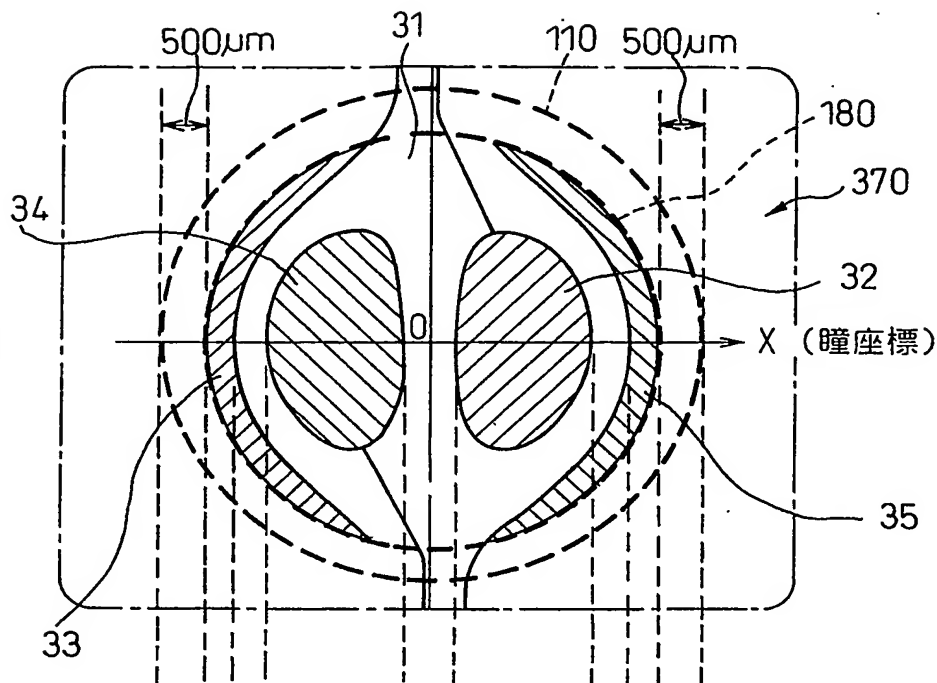


Fig.21B

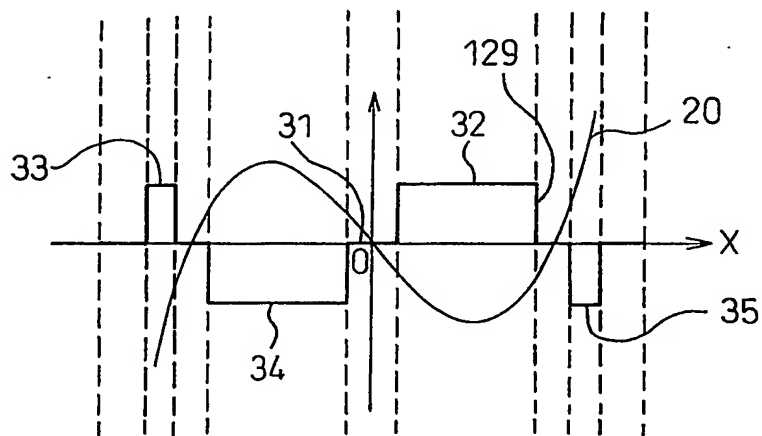


Fig.21C

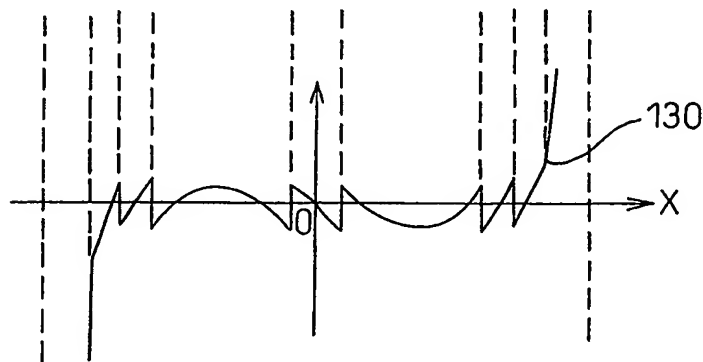


Fig.22A

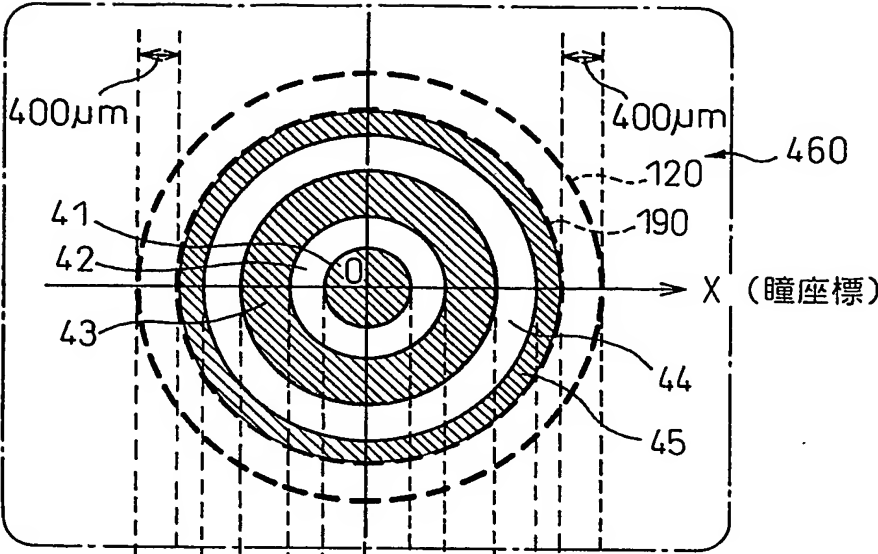


Fig.22B

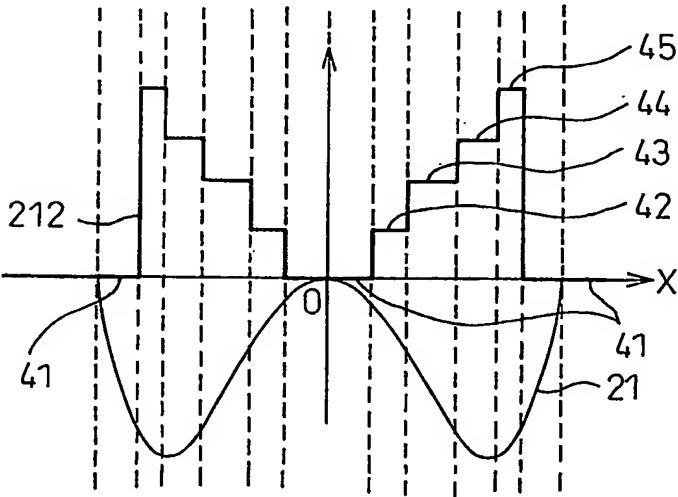


Fig.22C

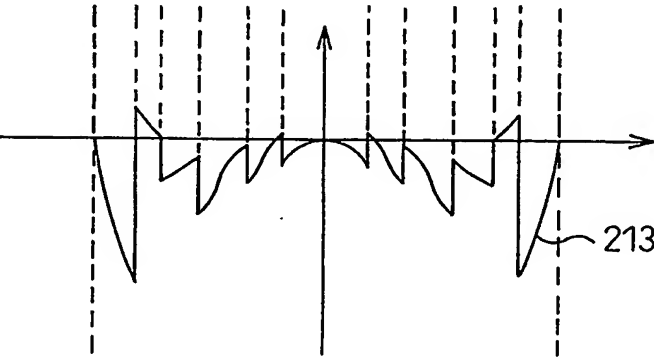


Fig.23A

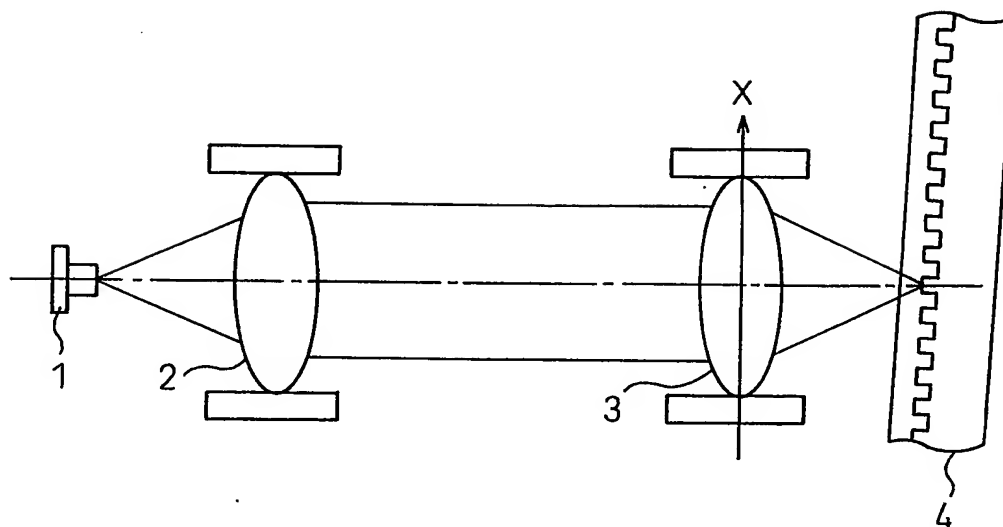


Fig.23B

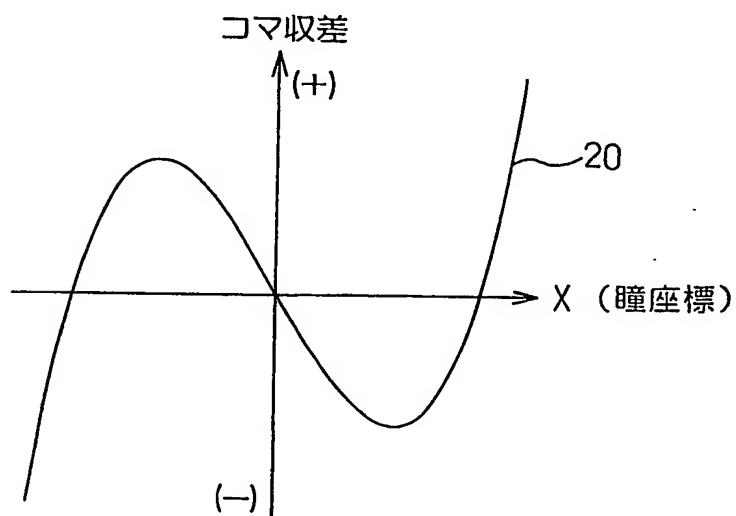




Fig.24

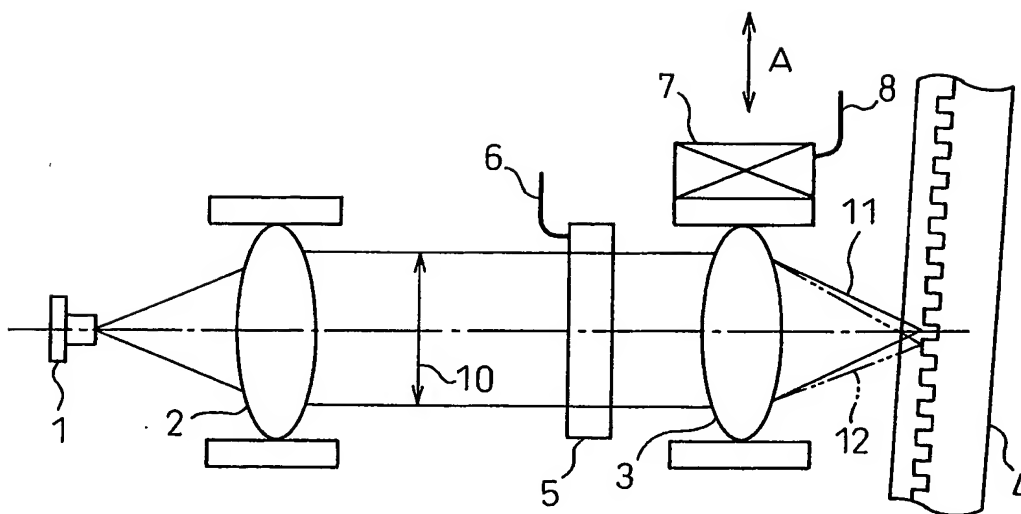


Fig.25A

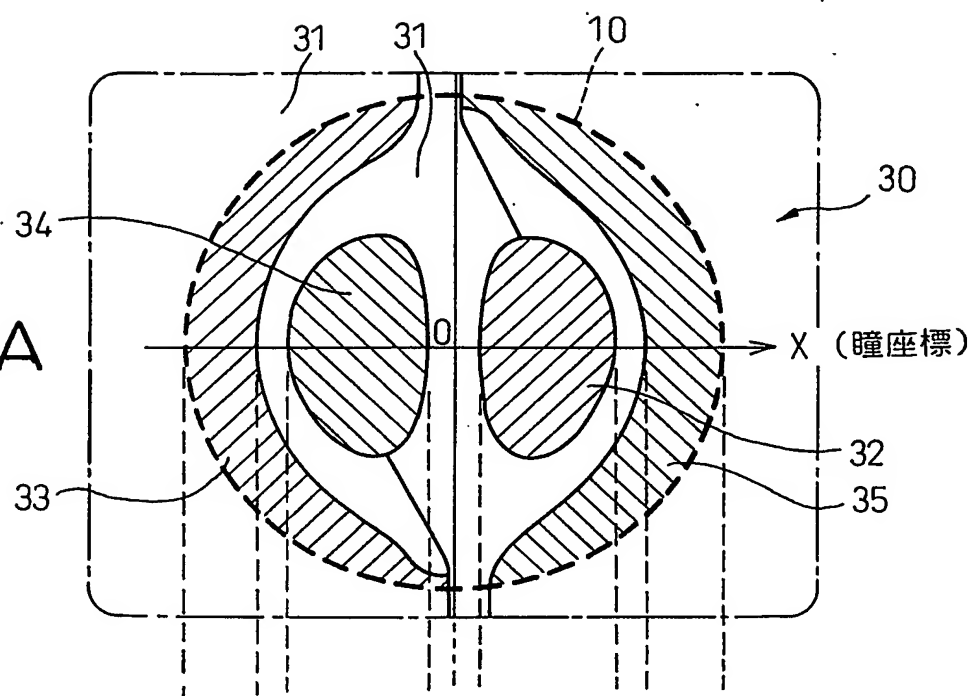


Fig.25B

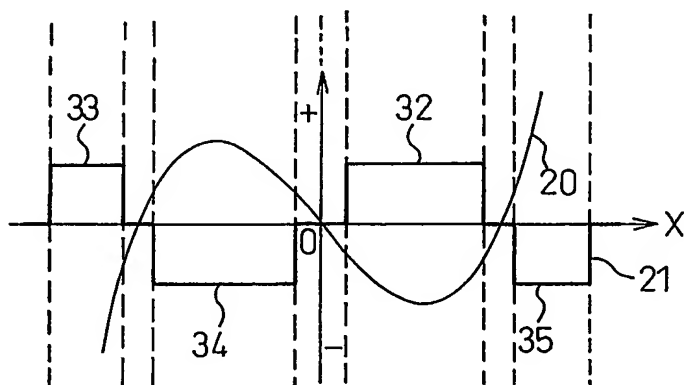
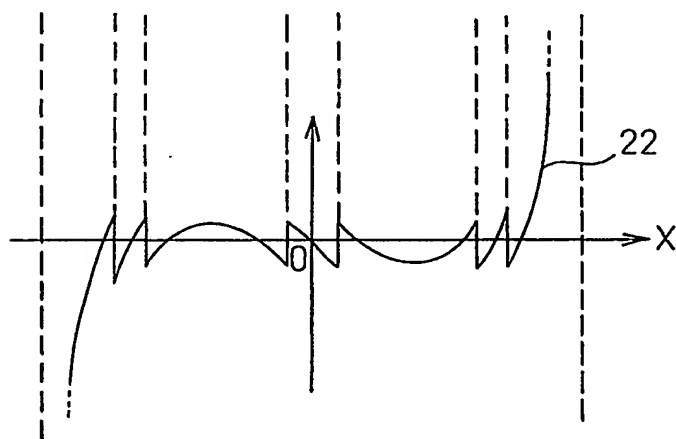


Fig.25C



25/30

Fig.26

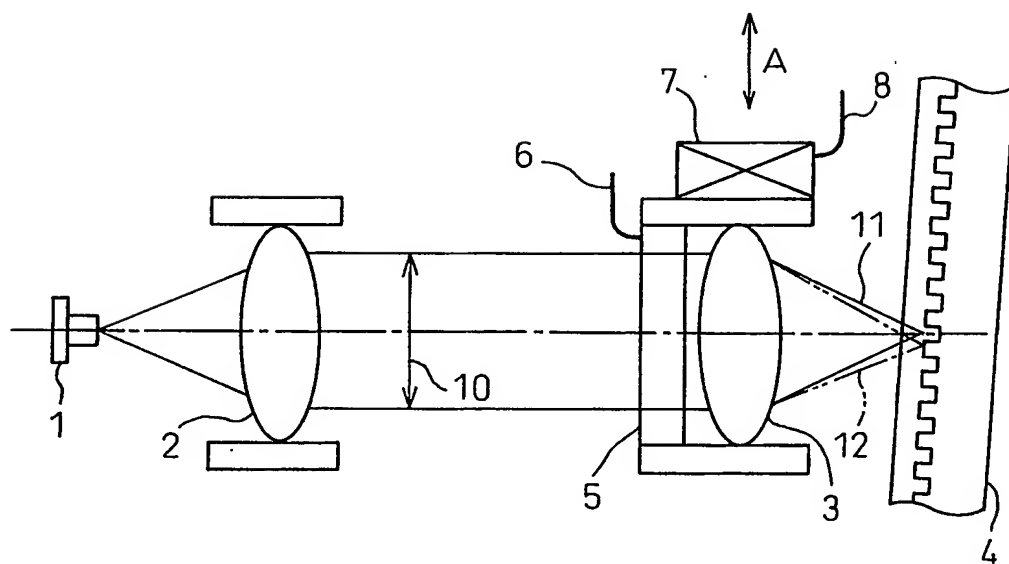


Fig.27A

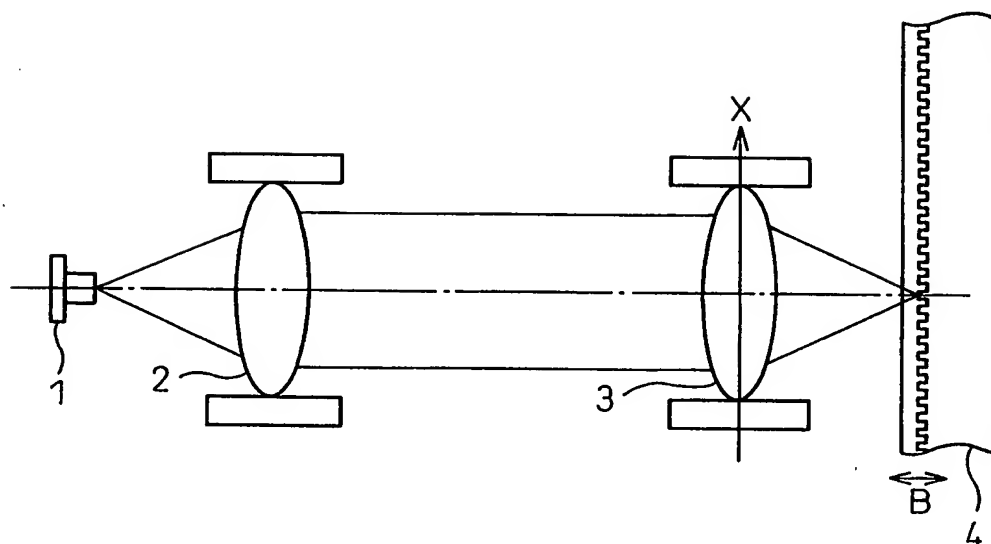


Fig.27B

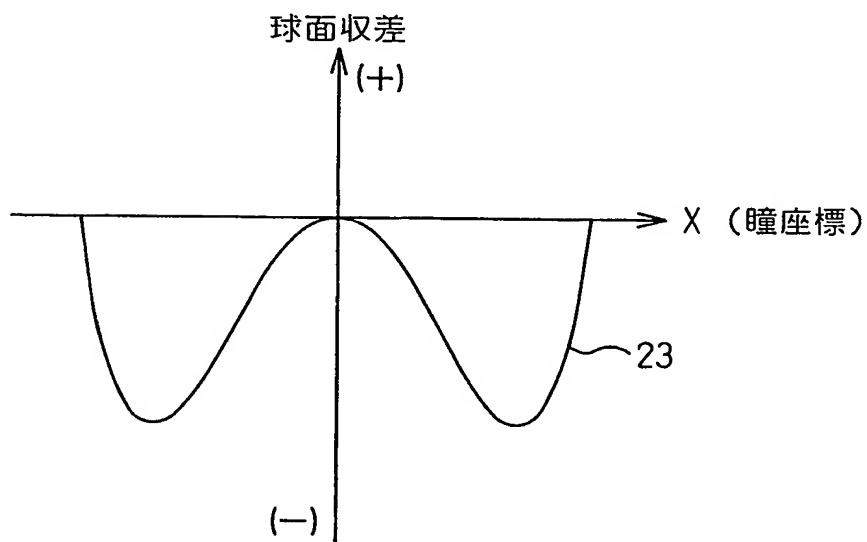


Fig.28

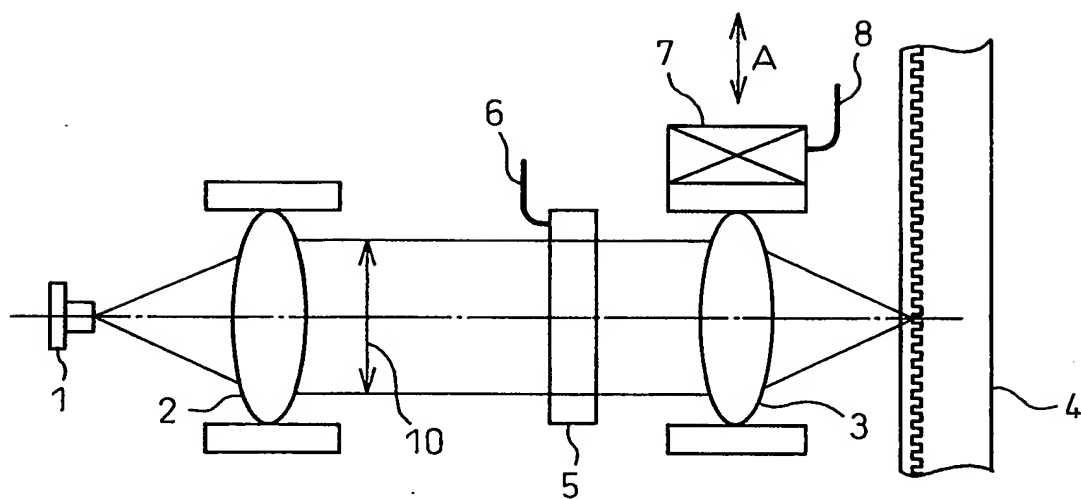


Fig.29A

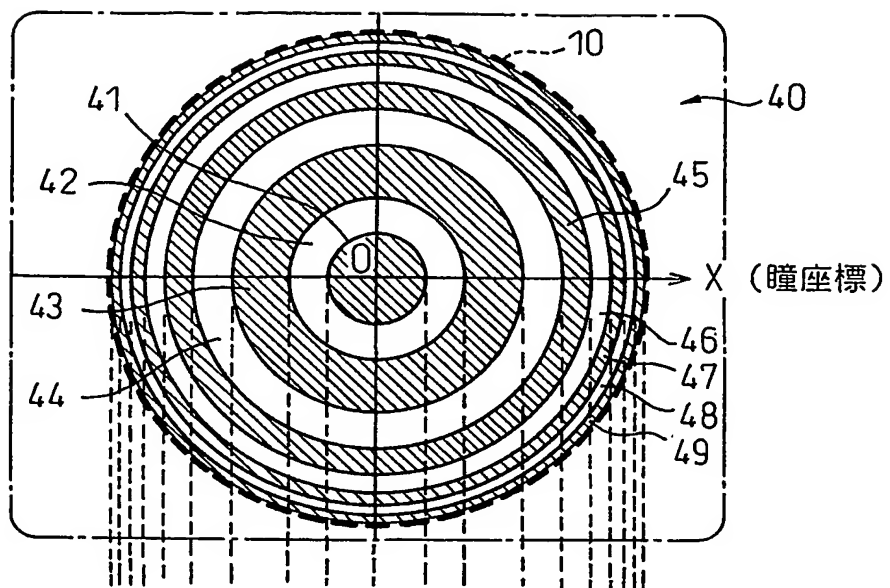


Fig.29B

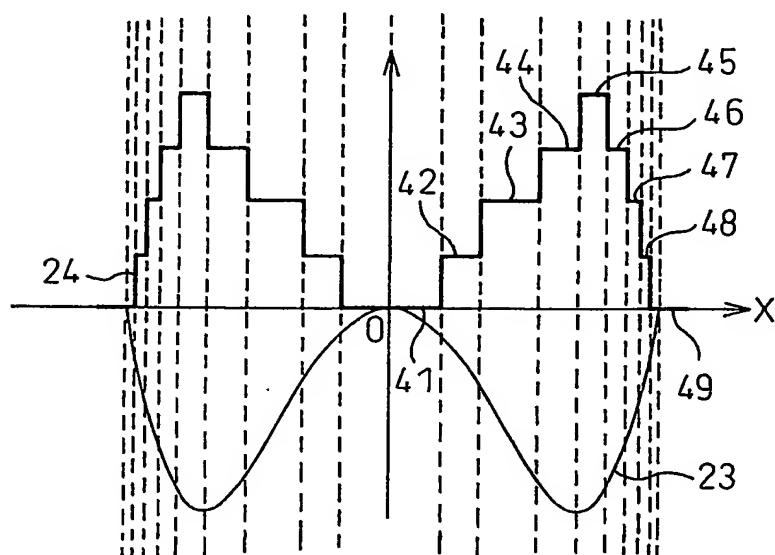
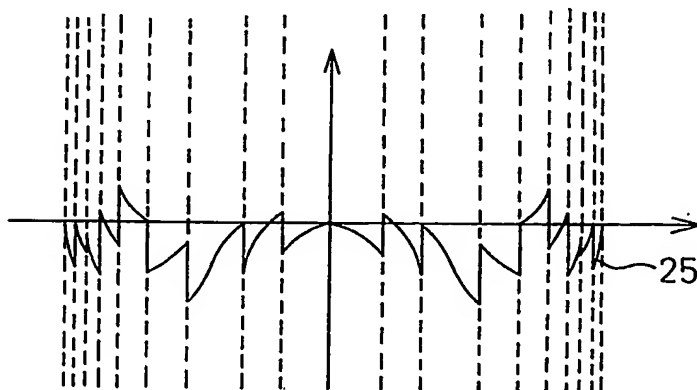


Fig.29C



29/30

Fig.30

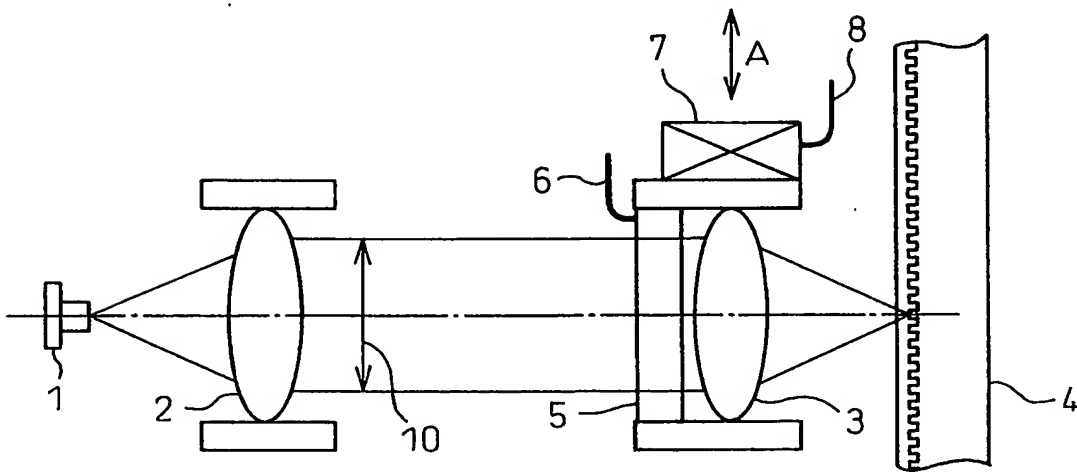
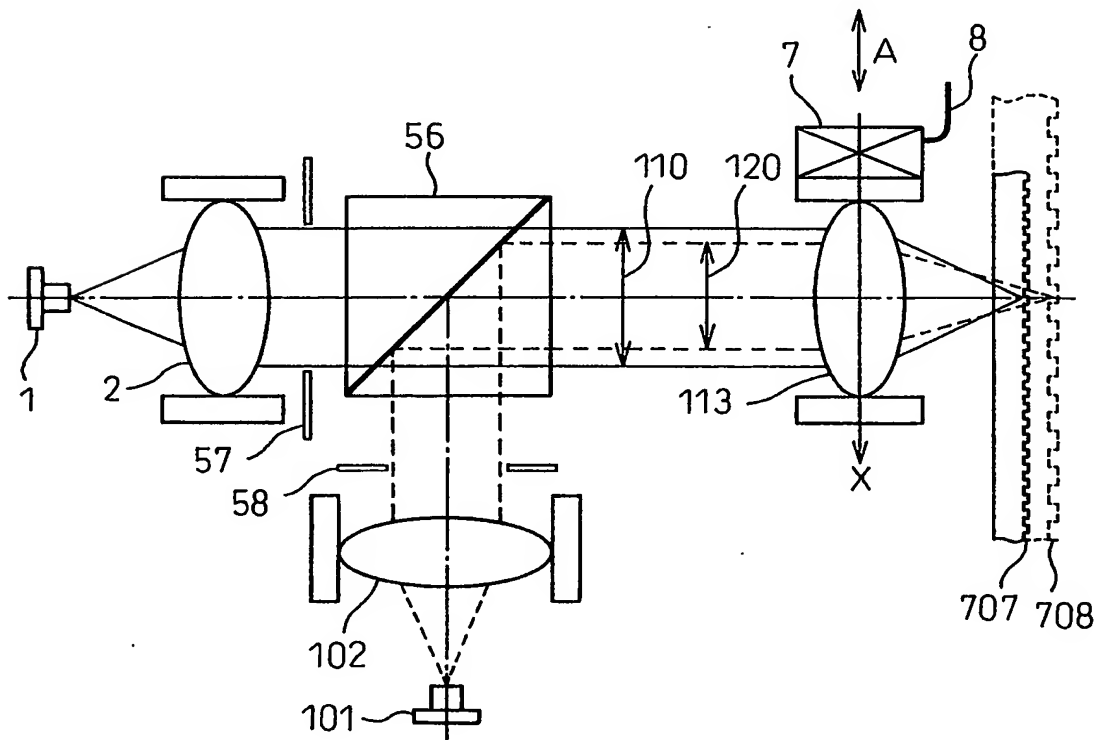


Fig.31



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/14208

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G11B7/135, 7/125

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G11B7/135, 7/125Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-4972 A (Sony Corp.), 12 January, 2001 (12.01.01), Full text; Figs. 1 to 15 (Family: none)	1-61
A	JP 2002-56565 A (Pioneer Electronic Corp.), 22 February, 2002 (22.02.02), Full text; Figs. 1 to 12 (Family: none)	1-61
P,A	JP 2002-358690 A (Pioneer Electronic Corp.), 13 December, 2002 (13.12.02), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1-61

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 February, 2004 (20.02.04)	Date of mailing of the international search report 09 March, 2004 (09.03.04)
---	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/14208

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, A	JP 2004-30726 A (Sharp Corp.), 29 January, 2004 (29.01.04), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1-61

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G11B 7/135 , 7/125

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G11B 7/135 , 7/125

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-4972 A (ソニー株式会社) 2001. 01. 12 全文, 図1-15 (ファミリーなし)	1-61
A	JP 2002-56565 A (パイオニア株式会社) 2002. 02. 22 全文, 図1-12 (ファミリーなし)	1-61

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 02. 2004

国際調査報告の発送日

09. 3. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

五貫 昭一

5D

9368

電話番号 03-3581-1101 内線 3550

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, A	JP 2002-358690 A (パイオニア株式会社) 2002. 12. 13 全文, 図1-10 (ファミリーなし)	1-61
E, A	JP 2004-30726 A (シャープ株式会社) 2004. 01. 29 全文, 図1-10 (ファミリーなし)	1-61